C. Militaru • I.Gheorghe • A. Sturzu • V. Matache

MĂSURĂRI PNEUMATICE

ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Scanned with OKEN Scanner

Ing. Constantin Militaru * Dr. ing. Ion Gheorghe
Dr. ing. Aurel Sturzu * Ing. Valeriu Matache

MĂSURĂRI PNEUMATICE
ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Editura tehnică
București — 1977

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea prezintă metodele și mijloacele pentru măsurări pneumatice în construcția de mașini și modul de aplicare și utilizare a acestora în practica uzinală și de laborator.

În carte este sistematizat un bogat material privind aspectele teoretice și practice ale construcției și utilizării mijloacelor de măsurare pneumatice mai des întîlnite în practică.

Cartea, adresată lucrătorilor din serviciile de control tehnic de calitate, maiștrilor, tehnicienilor și inginerilor din întreprinderile constructoare de mașini și de reparații, muncitorilor de înaltă calificare, pentru controlul pieselor pe mașini-unelte, conține un material deosebit de util în mărirea preciziei de prelucrare și în creșterea productivității operațiilor de măsurare, avînd obiectiv final îmbunătățirea calității produselor industriale

Lucrarea este foarte utilă și studenților de la facultățile de tehnologia construcțiilor de mașini și de mașini-unelte și scule.

Control științific: Ing. **MIHAI MOLDOVEANU**
Redactor: Ing. **VASILE BUZATU**
Tehnoredactor: **VALERIU MORĂRESCU**
Coperta: **NICOLAE NICOLAEV**

Bun de tipar: 24.11.1977 Coli de tipar: 13,5
Tiraj: 4700+65 C.Z. 681.2: 621.5: 621

Tiparul executat sub comanda nr. 1474 la Întreprinderea Poligrafică „13 Decembrie 1918" str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97 București, Republica Socialistă România

Scanned with OKEN Scanner

Cuprins

Prefață 5

1. Noțiuni generale privind metodele pneumatice de măsurare 7

1.1. Avantajele metodei pneumatice de măsurare 7
1.2. Domeniul de aplicare al tehnicii măsurărilor pneumatice 7
1.3. Clasificarea metodelor pneumatice de măsurare a lungimilor 11

2. Principiul de funcționare și unele considerații teoretice asupra principalelor tipuri constructive de aparate pneumatice de măsurare 12
2.1. Metode de măsurare a presiunii 12
2.1.1. Descrierea metodei și unele considerații teoretice 12
2.1.2. Aparate pneumatice de măsurare bazate pe principiul de măsurare a presiunii 20
2.2. Metoda măsurării vitezei 39
2.2.1. Principiul constructiv și funcțional 39
2.2.2. Aparate pneumatice de măsurare după metoda de măsurare a vitezei 41
2.3. Metoda măsurării volumului 42
2.3.1. Principiul constructiv și funcțional. Considerații privind proiectarea aparatelor 42
2.3.2. Aparate pneumatice care funcționează conform principiului de măsurare a volumului 47
2.4. Factorii care influențează eroarea de măsurare cu aparate pneumatice 51

3. Aparate de măsurare pentru controlul arborilor cilindrici netezi .....
3.1. Domeniul de utilizare 55
3.2. Măsurarea arborilor cilindrici netezi 55
3.3. Măsurarea arborilor cilindrici în timpul prelucrării pe mașini-unelte 63
3.4. Controlul și sortarea arborilor cilindrici netezi 76

4. Aparate de măsurare pentru controlul alezajelor cilindrice netede 79
4.1. Măsurarea alezajelor cilindrice cu diametre mici 79
4.2. Măsurarea alezajelor cu diametre mari 81
4.3. Măsurarea alezajelor în timpul prelucrării pe mașini-unelte 95

5. Controlul abaterilor de la forma geometrică a suprafețelor 105
5.1. Noțiuni generale 105
5.2. Controlul formei geometrice a alezajelor 106
5.3. Controlul formei geometrice a arborilor 106
5.4. Controlul abaterilor de formă cu ajutorul instalațiilor automate 108
5.5. Controlul planității cu aparate pneumatice 112

6. Aparate de măsurare pentru controlul grosimilor 114
6.1. Măsurarea grosimii benzilor 114
6.1.1. Măsurarea grosimii benzilor nemetalice 115
6.1.2. Măsurarea grosimii benzilor metalice 118

Scanned with OKEN Scanner

6.2. Măsurarea pieselor prismatice 123
6.2.1. Măsurarea în laborator a unui cub 123
6.2.2. Măsurarea calelor plan-paralele 124

7. Aparate de măsurare pentru controlul suprafețelor conice 129
7.1. Măsurarea suprafețelor conice interioare 129
7.1.1. Instalații automate pneumatice pentru măsurarea alezajelor conice 131
7.2. Măsurarea suprafețelor conice exterioare 132
7.2.1. Instalații automate pentru măsurarea suprafețelor conice exterioare 132

8. Aparate de măsurare pentru controlul filetelor 135
8.1. Controlul diametrului mediu al filetelor cilindrice interioare 135
8.2. Instalații automate pentru măsurarea filetelor 136

9. Aparate de măsurare pentru controlul rugozității suprafețelor 138
9.1. Noțiuni generale 138
9.2. Măsurarea rugozității suprafețelor prin palpare 139
9.3. Măsurarea rugozității suprafețelor cu aparate integratoare 141

10. Metode și aparate pneumatice de măsurare pentru controlul preciziei de poziție a suprafețelor 146
10.1. Precizia de poziție a suprafețelor și parametrii acesteia 146
10.2. Condițiile și cerințele specifice controlării preciziei de poziție a suprafețelor 147
10.3. Controlul distanței dintre axele alezajelor 151
10.4. Dornuri de control autocentrante acționate pneumatic 159
10.5. Controlul bătăii radiale și bătăii frontale 164
10.6. Controlul simetriei 166
10.7. Controlul perpendicularității, bătăii radiale și planității suprafețelor .. 168
10.8. Controlul variației grosimii pereților, planității și circularității la piese din grupa bucșelor și inelelor 170
10.9. Controlul coaxialității alezajelor 170
10.10. Controlul paralelismului, perpendicularității și înclinării suprafețelor plane 173
10.11. Controlul adîncimii alezajelor și a planității suprafețelor frontale 175
10.12. Controlul preciziei de formă și de poziție a ghidajelor în construcția de mașini-unelte. 176

11. Aparate de măsurare pentru controlul suprafețelor sferice și al celor complexe 178

12. Aparate de măsurare pentru controlul simultan al mai multor parametri ai pieselor 184

13. Elemente de automatizare a controlului pneumatic 196

14. Bibliografie 216

Scanned with OKEN Scanner

Prefață

Dezvoltarea continuă și modernizarea economiei naționale în concordanță cu realizările tehnico-științifice contemporane impun ridicarea pe trepte mai înalte a calității produselor, în vederea creșterii activității economice, avînd drept consecință participarea tot mai activă a țării noastre la circuitul schimbului mondial de valori materiale.

În Raportul la cel de al XI-lea Congres al P.C.R., tovarășul Nicolae Ceaușescu, secretarul general al partidului, a subliniat: „... În centrul activității ministerelor, a celorlalte organe centrale, a unităților economice, a tuturor oamenilor muncii, a întregului nostru partid va trebui, să stea ridicarea nivelului tehnic și a calității produselor... vor trebui luate măsuri pentru organizarea științifică a proceselor de producție, întărirea controlului tehnic de calitate — folosind cele mai moderne mijloace și metode de verificare — astfel ca nici o mașină nici un utilaj, nici un produs să nu poată ieși din întreprinderi dacă nu corespunde cerințelor tehnice și de calitate stabilite prin proiecte și solicitate pe piața internă și internațională".

În acest consens, ținînd seama atît de continua dezvoltare pe care o are tehnica măsurărilor pneumatice în țările industrializate cît și de aplicarea acesteia pe scară tot mai largă în țara noastră, autorii și-au propus să prezinte metodele și aparatele de măsurare pneumatice în construcția de mașini, precum și modul lor de utilizare în practica uzinală și de laborator, avînd în vedere avantajele și posibilitățile largi de aplicare ale acestora.

Lucrarea „Măsurări pneumatice în construcția de mașini" conține un material sistematizat despre metodele și mijloacele moderne de control al mărimilor geometrice utilizînd metodele de măsurare pneumatică.

Prin caracterul său, lucrarea constituie o contribuție la documentarea specialiștilor din uzinele constructoare de mașini, a personalului muncitor, din serviciul CTC al uzinelor, precum și studenților institutelor de învățămînt superior, de la specialitățile construcții de mașini și mecanică fină.

În conținutul său lucrarea abordează problema măsurării pneumatice a mărimilor geometrice sub aspect teoretic și practic, pentru cazurile cele mai des întîlnite în practica uzinală și de laborator. Astfel, ea conține în primele două capitole aspecte privind domeniile de aplicare ale tehnicii măsurărilor pneumatice, metodele de măsurare utilizînd această tehnică modernă și calculul principalelor tipuri de aparate, corespunzătoare metodelor pneumatice considerate.

Scanned with OKEN Scanner

În următoarele capitole ale lucrării se face descrierea metodelor de măsurare în vederea determinării preciziei dimensionale, abaterilor de formă geometrică ale suprafețelor, și se prezintă controlul grosimilor, conicităților, filetelor, rugozității suprafețelor, controlul poziției reciproce a suprafețelor, controlul multidimensional, controlul suprafețelor plane, sferice și complexe, precum și unele aspecte generale privind automatizarea controlului pneumatic.

Sistematizarea materialului s-a făcut după tipurile de parametri controlați, fapt ce asigură lucrării un pronunțat caracter practic, permițînd cititorului găsirea rapidă a materialului care îl interesează potrivit scopului urmărit.

Unele aspecte aplicative ale lucrării s-au introdus ca urmare a activității practice a autorilor în cadrul laboratorului de „Toleranțe și măsurări tehnice" din cadrul facultății de Tehnologia construcției de mașini — Institutul Politehnic București și la Întreprinderea de mecanică fină — București.

Cu această ocazie, autorii aduc sincere mulțumiri tuturor acelora care au contribuit la crearea cadrului necesar în vederea apariției acestei lucrări.

În mod deosebit mulțumim prof. dr. ing. Voicu Tache, decanul facultății TCM din I.P. București, prof. dr. ing. Ionel Gavrilaș, colegilor de specialitate din catedră și Editurii tehnice pentru înțelegerea și interesul acordat problemelor abordate în această lucrare.

Autorii

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 1

Noțiuni generale privind metodele pneumatice de măsurare

1.1. Avantajele metodei pneumatice de măsurare

Principiile de bază ale metodei pneumatice de măsurare sînt cunoscute de aproximativ 50 de ani. Acestea au la origină brevetul SACMA (Société Anonyme pour la Construction de Matériel Automobil), care datează din 1929. Procedeul a devenit cunoscut ulterior și generalizat pe plan mondial sub numele de SOLEX.

Tehnica măsurărilor pneumatice s-a introdus relativ încet, luînd o largă aplicare în practica uzinală și de laborator în cursul ultimilor 15...20 ani. În raport cu celelalte metode de măsurare (mecanice, optice sau electronice), metodele pneumatice de măsurare prezintă următoarele avantaje:

— măsurarea se face fără contact direct între palpator și piesa de măsurat, ceea ce conduce la eliminarea uzurii între acestea;

— din punct de vedere constructiv aparatele pneumatice de măsurare sînt simple și robuste, asigurînd în același timp și simplitatea reglării și controlului acestora;

— traductoarele pneumatice ale mărimii de măsurat sînt foarte suple, fiind ușor de adaptat pentru diferite variante de măsurare;

— măsurarea cu aparate pneumatice este de scurtă durată, permițînd o ușoară adaptare a acestora la condițiile de atelier în vederea controlului activ în timpul procesului de prelucrare, asigurîndu-se în acest fel creșterea productivității muncii;

— deoarece se pot comanda de la distanță, aparatele pneumatice de măsurare se pot utiliza în condițiile de automatizare a controlului.

1.2. Domeniul de aplicare al tehnicii măsurărilor pneumatice

Aparatele pneumatice de măsurare sînt folosite pe scară din ce în ce mai largă în practica controlului în uzinele constructoare de mașini.

Stadiul de dezvoltare și domeniile de aplicare ale tehnicii măsurărilor pneumatice sînt redate în fig. 1.1.

Scanned with OKEN Scanner

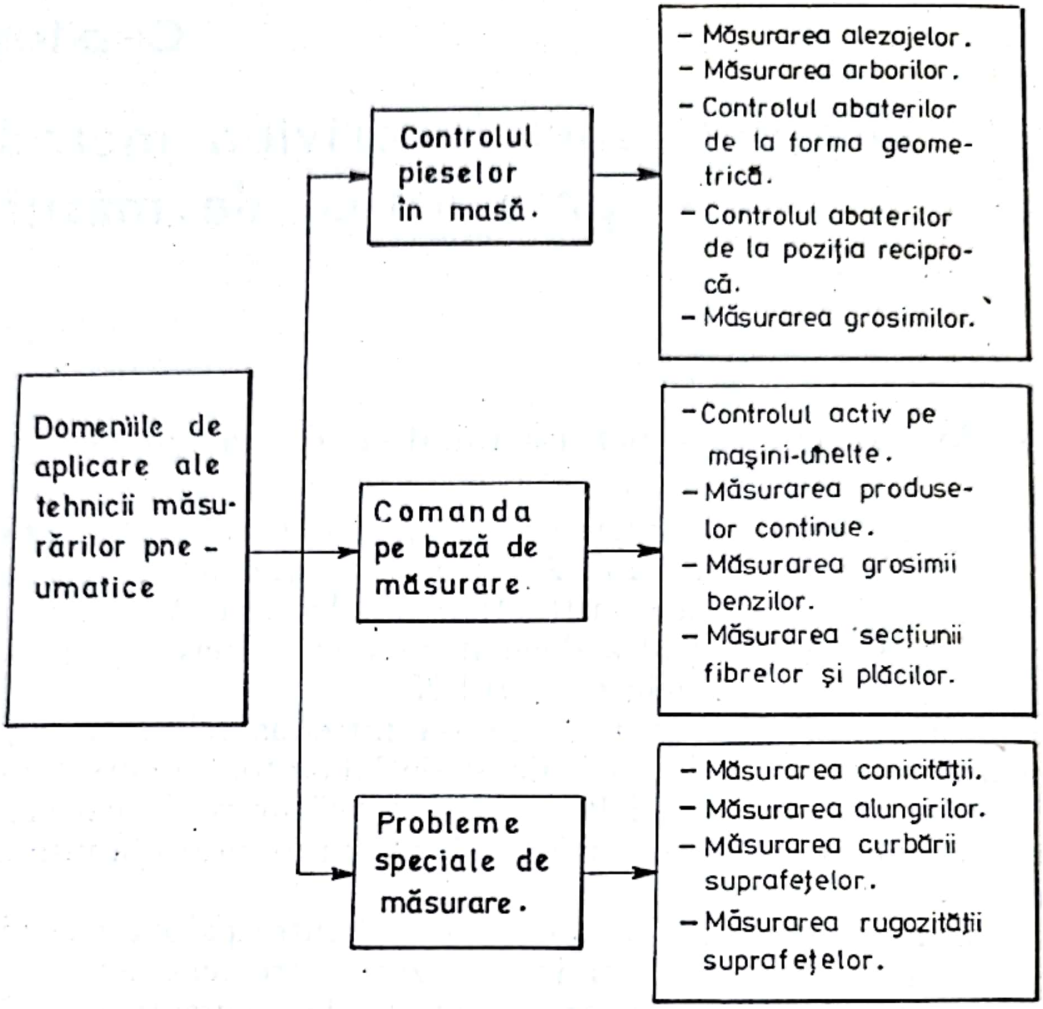


Fig. 1.1. Domeniile de aplicare a tehnicii măsurărilor pneumatice.

Domeniile de utilizare sînt subîmpărțite [1] în: controlul pieselor în masă, comanda pe bază de măsurare și problemele speciale de măsurare.

Prin noțiunea de „control al pieselor în masă" se înțeleg problemele de măsurare în regim static, iar la punctul „comanda pe bază de măsurare" se cuprind problemele de măsurare în regim dinamic.

Ca probleme speciale de măsurare se menționează problemele care prezintă particularități datorită caracteristicilor mărimii de măsurat și care impun condiții specifice pentru aparatul de măsurare pneumatic, diferite ca în cazul măsurărilor pure de lungimi.

Primul domeniul de utilizare pentru controlul pieselor în masă, domeniul principal de aplicare al tehnicii de măsurare a lungimilor, este acela al măsurării alezajelor, al arborilor (cilindrici sau filetați) și măsurarea distanțelor. Măsurarea alezajelor presupune măsurarea valorii

Scanned with OKEN Scanner

efective a diametrului, precum și abaterile de formă sau poziție ale acestuia.

Controlul abaterilor de formă geometrică a suprafețelor cuprinde controlul pe direcție longitudinală cu axa piesei de măsurat (rectilinitate, conicitate, butoiaș etc.) și controlul pe direcție transversală față de axa piesei (ovalitate, poligonalitate etc.).

Verificarea poziției reciproce a suprafețelor presupune: controlul bătăii radiale, controlul coaxialității, controlul bătăii frontale și al perpendicularității axelor, controlul distanței dintre axe și paralelismului axelor alezajelor. Pentru verificarea paralelismului axelor a două alezaje este necesară utilizarea unui aparat înregistrator pentru două locuri de măsurare.

Măsurarea arborilor prin metoda pneumatică este utilizată relativ puțin, întrucît diametrele exterioare se pot măsura mai ușor cu alte metode de măsurare. Prin metoda pneumatică se pot măsura totuși valorile efective ale diametrului arborilor sau verificarea abaterilor de la forma geometrică.

Prin măsurarea distanțelor se înțelege determinarea distanțelor între axe paralele. Dacă la măsurarea paralelismului este suficient să se cunoască diferența dintre minimum două distanțe, la măsurarea grosimilor se determină valoarea efectivă a distanței.

Din categoria problemelor de comandă pe bază de măsurare face parte controlul activ destinat mașinilor de honuit și de rectificat plan sau rotund. La măsurarea unui produs continuu, un loc important îl ocupă măsurarea grosimii benzilor, care se poate efectua prin contact direct sau fără contact.

Deoarece la măsurarea sîrmelor nu sînt date condiții privind abaterile de formă în secțiune longitudinală, în multe cazuri este suficientă măsurarea diametrului într-o secțiune oaecare, întrucît destinația acestora permite folosirea sîrmei chiar dacă este ovalizată.

La măsurarea secțiunii fibrelor textile se pune problema verificării uniformității diametrului, care se poate face prin aplicarea metodei pneumatice de măsurare.

Din categoria problemelor de măsurare în regim dinamic face parte și măsurarea grosimii plăcilor aglomerate, care deplasîndu-se una după alta, pot fi considerate ca un produs continuu.

Ca primă problemă, în categoria problemelor speciale de măsurare, este aceea privind asamblarea prin sortare, la care una din cele două piese ce urmează a fi asamblate este realizată sistematic după mărimea efectivă a celeilalte, ținîndu-se seama de jocul prescris.

De asemenea din categoria problemelor speciale de măsurare face parte măsurarea conicităților prin măsurarea a două diametre situate la o anumită distanță.

Scanned with OKEN Scanner

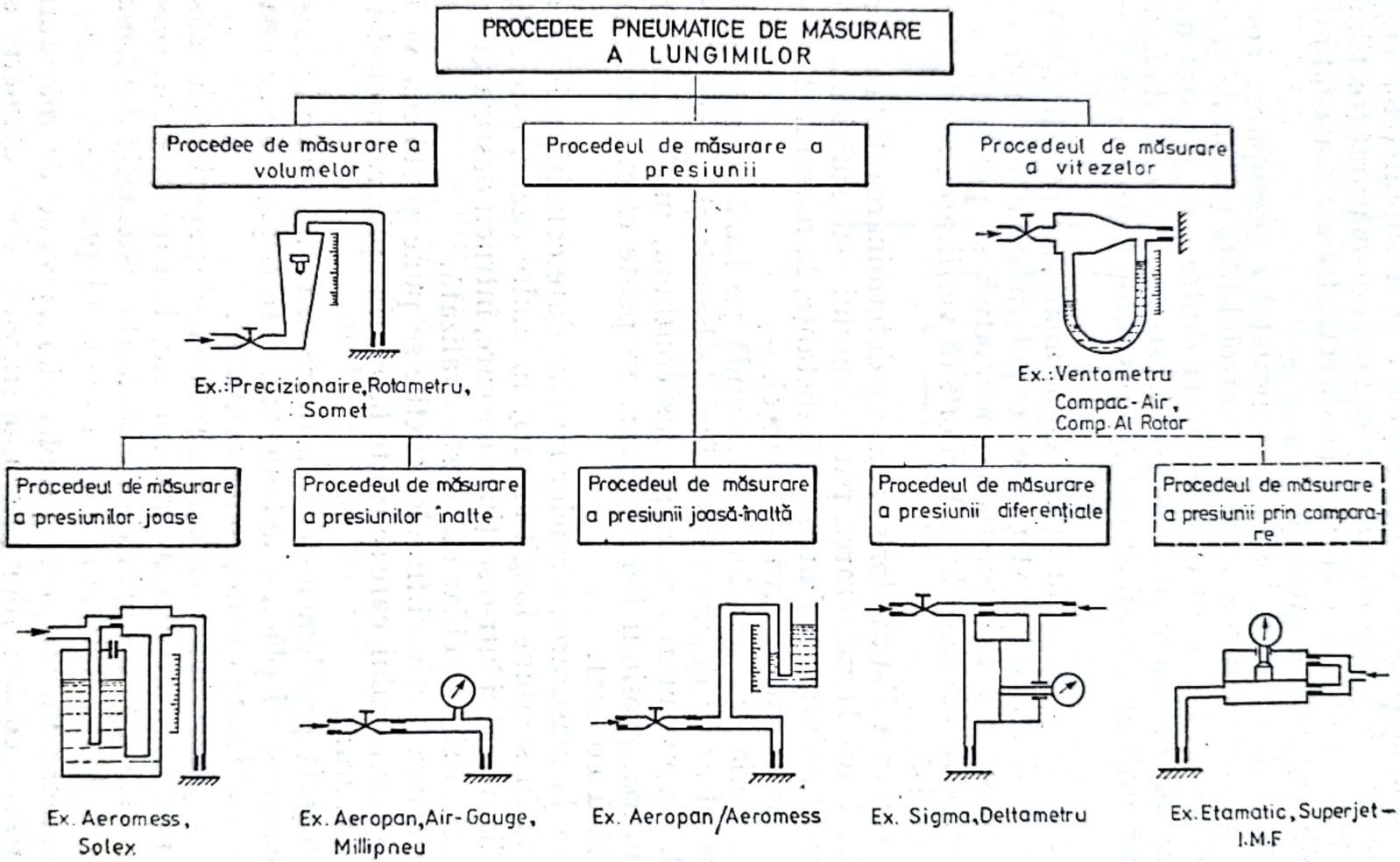


Fig. 1.2. Metode de măsurare pneumatică a lungimilor.

Scanned with OKEN Scanner

Măsurarea alungirii, adică măsurarea unor variaţii foarte mici de lungime, este deosebit de indicată pentru tehnica măsurărilor pneumatice, deoarece acestea asigură amplificări foarte mari.

Măsurarea rugozităţii suprafeţelor pe baza tehnicii pneumatice începe să aibă un cîmp tot mai larg de aplicabilitate.

Tot prin metoda pneumatică de măsurare se verifică curbura suprafeţelor pe baza principiului sferometrului, precum şi verificarea calităţii fibrelor (fineţea fibrelor), prin măsurarea valorii Micronaire.

1.3. Clasificarea metodelor pneumatice de măsurare a lungimilor

Clasificarea metodelor pneumatice de măsurare a lungimilor este următoarea [1]:

a. Metoda măsurării presiunii:
— metoda măsurării presiunii joase;
— metoda măsurării presiunii ridicate;
— metoda măsurării presiunii ridicate-joase;
— metoda măsurării presiunii comparative (diferenţiale).
b. Metoda măsurării vitezei.
c. Metoda măsurării volumului.

În fig. 1.2 este ilustrat principiul fiecărei metode amintite anterior, precum şi diferite tipuri de aparate pneumatice construite pe baza acestor metode.

Reprezentarea metodelor (fig. 1.2) indică, pe baza unei logici obiective, ordinea procedeelor pneumatice de măsurare, ceea ce oferă posibilitatea unei rapide orientări în acest domeniu al tehnicii măsurării.

În capitolele următoare se va face o examinare detaliată a principiilor constructive şi funcţionale ale aparatelor pneumatice de măsurare, bazate pe metodele menţionate, precum şi a domeniului de utilizare al acestora în practica controlului de laborator şi uzinal din industria constructoare de maşini.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 2

Principiul de funcționare și unele considerații teoretice asupra principalelor tipuri constructive de aparate pneumatice de măsurare

2.1. Metoda de măsurare a presiunii

2.1.1. *Descrierea metodei și unele considerații teoretice*

Măsurarea pneumatică a mărimilor geometrice prin metoda de măsurare a presiunii constă în următoarele: aerul aflat în camera A, fig. 2.1, avînd presiunea p_1, trece prin duza C (cu diametrul d_1), în camera B cu presiunea p_2, apoi din această cameră prin duza D (de diametru d_2), în exterior.

Presiunea p_2 din camera B depinde de raportul S_2/S_1 dintre secțiunile duzelor C și D. Dacă în dreptul duzei D cu presiunea p_2 este plasată suprafața P, presiunea din camera B este în funcție de distanța (interstițiul z) la care se situează această suprafață.

Prin apropierea suprafeței P de duza D, presiunea din camera B crește, iar dacă se depărtează, presiunea scade.

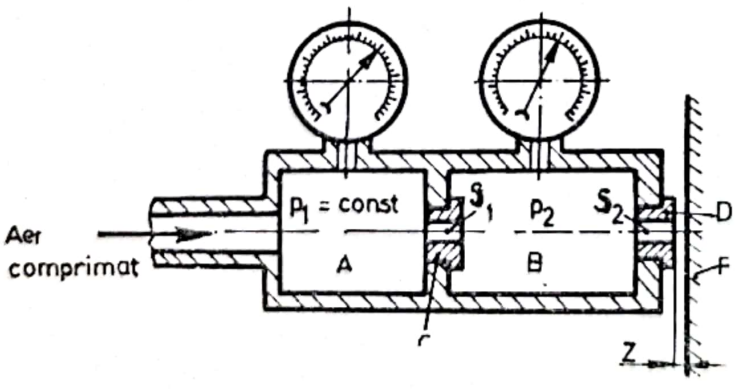


Fig. 2.1. Principiul metodei de măsurare a presiunii.

La baza calculului analitic al acesor aparate pneumatice de măsurare trebuie să se țină seama, că scurgerea aerului în ajutaje se face adiabatic conform relației

$$pV^{\alpha} = \text{const} \qquad (2.1)$$

în care p este presiunea, v — volumul iar α — exponentul adiabatic.

Scanned with OKEN Scanner

Scurgerea aerului se face după o curbă adiabată, deoarece se neglijează conductibilitatea termică a acestuia (temperatura absolută $T = \text{const}$ [2].

Viteza de scurgere a aerului v_2 la ieșirea din camera B se determină cu relația

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} + \int_{p_2}^{p_1} V dp, \tag{2.2}$$

în care: v_1 este viteza de scurgere inițială a aerului prin duza C;
p_1 — presiunea aerului în fața duzei C;
p_2 — presiunea aerului la ieșirea din duza D;
V — volumul de aer din camera B;
g — accelerația gravitațională.

Pentru calculul integralei $\int_{p_2}^{p_1} V \mathrm{d}p$, se ține seama de ecuația adiabatei (rel. 2.1), care pentru cazul considerat devine:

$$pV^{\alpha} = p_1 V_1^{\alpha} = \text{const} \tag{2.3}$$

$$\int_{p_2}^{p_1} V \mathrm{d}p = \int_{p_2}^{p_1} \frac{p_1^{1/\alpha} \cdot V_1}{p^{1/\alpha}} \mathrm{d}p = p_1^{1/\alpha} \cdot V_1 \int_{p_2}^{p_1} p^{-1/\alpha} = \tag{2.4}$$

$$= p_1^{1/\alpha} V_1 \frac{\alpha}{\alpha - 1} \left(p_1^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} - p_2^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \right) = \frac{\alpha}{\alpha - 1} p_1 V_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \right]$$

Înlocuind relația (2.4) în (2.2), se obține ecuația generală de scurgere a aerului:

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{\alpha}{\alpha - 1} p_1 V_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \right] \tag{2.5}$$

Din relația (2.5) se obține

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2\alpha g}{\alpha - 1} p_1 V_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \right]} \tag{2.6}$$

Totodată, expresia matematică a debitului de aer Q_a se poate determina cu relația

$$Q_a = \frac{K_2 S_2 v_2}{V_2}, \tag{2.7}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care K_2 reprezintă coeficientul de contracție al secțiunii fluidului iar V_2 = volumul specific în secțiunea de ieșire a duzei D la presiunea p_2.

Pe de altă parte din ecuația adiabatei rezultă

$$p_1 V_1^{\alpha} = p_2 V_2^{\alpha} \tag{2.8}$$

Din (2.8) se scoate valoarea V_2;

$$V_2 = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1/\alpha} \tag{2.9}$$

Înlocuind (2.9) în (2.7), $p_1 V_1$ prin $R \cdot T$ și $1/V_1$ prin densitatea ρ_1 a aerului, se obține ecuația debitului de forma

$$Q_{a1} = k_1 S_1 \rho_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/\alpha} \sqrt{v_1^2 + 2g \frac{\alpha}{\alpha - 1} R \cdot T \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]} \tag{2.10}$$

în care R este constanta aerului iar T — temperatura absolută.

Dacă în (2.10) se aproximează $v_1 \approx 0$, rezultă:

$$Q_{a1} = k_1 S_1 \rho_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/\alpha} \sqrt{2g \frac{\alpha}{\alpha - 1} R \cdot T \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]} \tag{2.11}$$

Similar cu (2.11), pentru determinarea ecuației debitului de aer care trece prin duza D există relația

$$Q_{a2} = k_2 S_2 \rho_2 \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{1/\alpha} \sqrt{2g \frac{\alpha}{\alpha - 1} R \cdot T \left[1 - \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]} \tag{2.12}$$

în care p_0 este presiunea atmosferică.

Deoarece $Q_{a1} = Q_{a2}$, din (2.11) și (2.12) rezultă:

$$\frac{k_2 S_2}{k_1 S_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/\alpha} \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{-1/\alpha} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]^{1/2} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]^{-1/2} \tag{2.13}$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se înlocuiește raportul $\rho_1/\rho_2 = p_1/p_2$, (2.13) devine:

$$\frac{k_2 S_2}{k_1 S_1} = \frac{p_1}{p_2}\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{-1/\alpha}\left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{-1/\alpha}\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]^{1/2}\left[1-\left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]^{-1/2} \qquad (2.14)$$

Dacă în relația 2.14, se dezvoltă în serie parantezele drepte și se iau în considerație primii doi termeni ai dezvoltării, se obține relația:

$$\frac{k_2 S_2}{k_1 S_1} = \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{p_2 - p_1}}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{p_1 - p_2}{p_1} - \frac{1}{\alpha}\frac{p_1 - p_2}{p_1} + \frac{1}{\alpha}\frac{p_2 - p_0}{p_2}\right) \qquad (2.15)$$

De asemenea, în (2.14) se exprimă presiunile p_1, p_2 și p_0 în funcție de înălțimile coloanei de lichid (fig. 2.2) H, h și H_0 (presiunea atmosferică) conform relațiilor

$$\begin{gathered} p_1 - p_2 = H - h; \quad p_2 - p_0 = H; \quad p_1 = H_0 + H; \\ p_2 - p_0 = h; \quad p_2 = H_0 + h \end{gathered} \qquad (2.16)$$

După înlocuirea relațiilor (2.16) în (2.15), aceasta devine

$$\frac{k_2 S_2}{k_1 S_1} = \sqrt{\frac{H - h}{h}}(1 + \beta) \qquad (2.17)$$

unde

$$\beta = \frac{1}{2}\cdot\frac{H - h}{H_0 + h} - \frac{1}{\alpha}\frac{H - h}{H_0 + H} + \frac{1}{\alpha}\frac{h}{H_0 + H} \qquad (2.18)$$

În practică valoarea mărimilor ce intră în (2.17) este următoarea:

$H = 500 \ldots 1000$ mm col. H_2O;

$h = 0 \ldots 1\,000$ mm;

$\beta = 0{,}1 \ldots 0{,}2$ și $K_1 = k_2$.

Astfel, în aceste condiții (2.17) devine

$$\frac{S_2}{S_1} = \sqrt{\frac{H - h}{h}} \qquad (2.19)$$

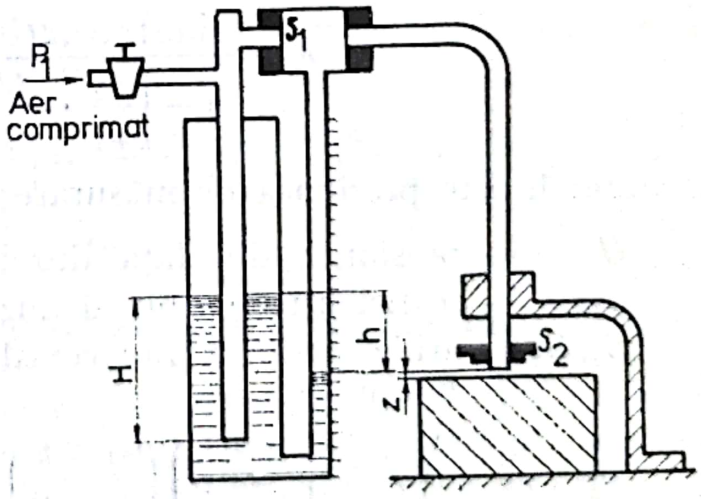


Fig. 2.2. Schema aparatului pneumatic de măsurare cu manometru cu lichid.

Scanned with OKEN Scanner

Din (2.19) se poate determina mărimea h:

$$h = \frac{H}{1 + \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2} \tag{2.20}$$

După unii autori pentru calcularea valorii h, caracteristică aparatelor pneumatice de măsurare, este de forma [2]:

$$h = \frac{H}{1 + 16\, K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \frac{d_2^2 z^2}{d_1^4}} \tag{2.21}$$

unde:

d_2 este diametrul orificiului duzei de măsurare;
d_1 — diametrul orificiului duzei de intrare;
z — mărimea interstițiului de aer;
K_1, K_2, K_3 sînt constante care depind de combinațiile dintre duzele de măsurare și de intrare, la măsurările simple și multidimensionale.

În vederea proiectării unui aparat pneumatic de măsurare, o mare importanță o are reglarea corespunzătoare a duzelor d_1 și d_2, care conduce la asigurarea unui raport de amplificare adecvat scopului propus. Astfel, la aparatele pneumatice de măsurare cu presiune joasă, cu $H = 500$ mm, raportul de amplificare este cuprins între 4 000 și 5 000; la aparatele pneumatice de măsurare cu presiune foarte înaltă, $H = 1\,000$ mm col H_2O, raportul de amplificare ajungînd pînă la 100 000 cu o eroare de măsurare de $\pm 0{,}01$ μm.

În alte lucrări se recomandă pentru calculul valorii h relația [18]:

$$h = \frac{H}{1 + \left[\frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot \frac{S_2}{S_1}(1 - l)\right]^2}, \tag{2.22}$$

în care: h este presiunea de măsurare;

H — presiunea din fața duzei de intrare;
μ_1, μ_2 — coeficienții de debit ai duzelor de intrare și de măsurare;
S_1, S_2 — ariile secțiunii transversale ale duzelor de intrare și de măsurare;

$$l = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{K}\right)\left(\frac{H - h}{H_0 + H}\right) + \frac{1}{K}\left(\frac{h}{H_0 + h}\right), \tag{2.23}$$

în care H_0 este presiunea atmosferică iar K — exponent adiabatic.

Scanned with OKEN Scanner

Valoarea factorului $(1 - l)$, în cazul în care $H = 500$ mm col. H_2O, este de aproximativ 0,97.

Factorul $(1 - l)$, în practică, se consideră egal cu 1, la fel ca și raportul $\mu_2/\mu_1 = 1$, caz în care (2.22) devine

$$h = \frac{H}{1 + \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2} \tag{2.24}$$

În (2.24), presiunea H trebuie să fie constantă, la fel ca și S_1, în schimb S_2 este dependentă de distanța z dintre duza B și piesa de măsurat, adică

$$S_2 = \gamma(z), \tag{2.25}$$

de unde rezultă că

$$h = \Gamma(z) \tag{2.26}$$

Dacă se notează raportul $\frac{S_2}{S_1} = x$ și se înlocuiește în (2.24), rezultă

$$h = \frac{H}{1 + x^2}, \tag{2.27}$$

în care

$$x = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot z}{S_1} = az,$$

iar

$$a = \pi \frac{d_2}{S_1} = \frac{4d_2}{d_1^2} = const. \tag{2.28}$$

Raportul de amplificare ε al aparatului pneumatic de măsurare se obține derivînd (2.27) în raport cu e:

$$\varepsilon = \left|\frac{dh}{de}\right| = \left|\frac{dh}{dx}\right| \cdot \left|\frac{dx}{de}\right| = \frac{2Hx}{(1 + x^2)^2} a = \frac{2Hx}{(1 + x^2)^2} \cdot \frac{4d_2}{d_1^2} \tag{2.29}$$

Utilizînd (2.29) și raportul $x = \frac{4d_2}{d_1^2} z$, se poate reprezenta grafic variația funcției $\varepsilon = f(z)$, după care se alege valorile optime ale parametrilor S_1 și S_2.

La măsurarea cu aparate pneumatice de măsurare cu joasă presiune (tip Solex) precizia de măsurare este influențată de următorii factori:

— dimensiunile constructive ale tuburilor manometrice; pentru cazurile cele mai dezavantajoase, eroarea poate ajunge la aproximativ 0,05% H;

Scanned with OKEN Scanner

— temperatura aerului folosit, care pentru aparate pneumatice tip Solex cu $H = 1\,000$ mm, trebuie să se introducă o corecție de temperatură a mediului înconjurător. La măsurările obișnuite se neglijează eroarea de temperatură întrucît măsurarea dimensiunilor, prin metoda pneumatică, se face comparativ;

— accelerația gravitației, la măsurările pneumatice de mare precizie, poate fi neglijată în condițiile etalonării scării gradate, chiar la latitudinea geografică a localității în care se utilizează aparatul pneumatic;

— influența tensiunii superficiale a lichidului, care, conform ecuației lui Laplace, se poate exprima prin relația

$$\sigma = \frac{\Delta P}{2} r. \tag{2.30}$$

în care σ este tensiunea superficială; ΔP — valoarea presiunii suplimentare care se exercită asupra lichidului datorită peliculei superficiale curbate și r = raza de curbură a suprafeței tubului.

La aparatele pneumatice de măsurare, influența tensiunii superficiale a lichidului se înlătură prin deplasarea corespunzătoarea a reperului „zero", și în consecință, și a celorlalte repere ale scării gradate a aparatului;

— din (2.23) se poate observa că l este funcție de presiunea atmosferică H_o care la rîndul ei influențează presiunea de măsurare h;

— eroarea posibilă a indicațiilor aparatului pneumatic de măsurare, în comparație cu eroarea de citire a înălțimii pe scara gradată, are o valoare foarte mică (astfel, la o variație cu 1 000 mm col H_2O a presiunii atmosferice, eroarea indicației aparatului este de aproximativ 0,5 mm).

În practică diminuarea influenței presiunii atmosferice se face prin verificarea periodică a scării gradate cu ajutorul unor piese etalon în aceleași condiții atmosferice la care se face și măsurarea.

Pentru alegerea condițiilor de lucru cu aparate care funcționează pe principiul de măsurare a presiunii, conform fig. 2.3, se observă că sînt asigurate condiții optime de lucru atunci cînd raportul dh/dz = const. care corespunde zonei unde se poate aproxima curba cu tangenta ei (se recomandă 500 ...1 000).

La diagramele redate în fig. 2.3, panta tangentei la oricare punct al curbei caracterizează raportul de transfer al sistemului (K). De aceea în practică se va lua în considerare numai acele porțiuni ale diagramei pentru care K = const. Astfel, pentru diagrama simplificată redată în fig. 2.4, diferența $\Delta Z = Z_{max} - Z_{min}$ definește domeniul de utilizare al aparatului pneumatic de măsurare. Creșterea diametrului duzei de măsurare și micșorarea diametrului duzei de intrare conduce la creșterea lui K, adică panta curbei crește, iar domeniul de măsurare al aparatului scade.

Scanned with OKEN Scanner

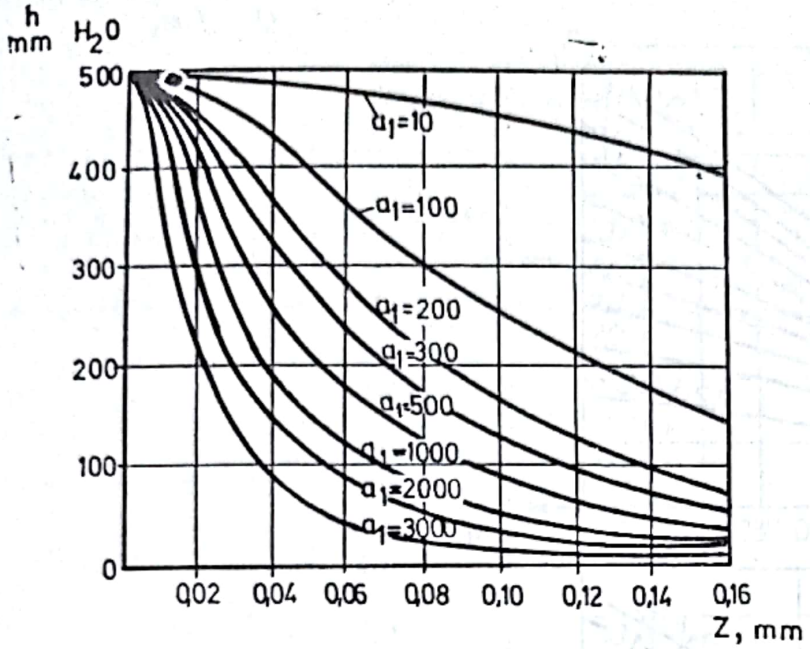


Fig. 2.3. Diagrama pentru alegerea caracteristicilor de lucru.

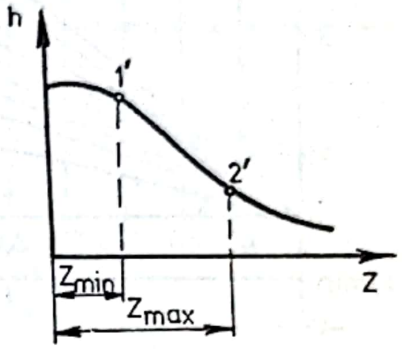


Fig. 2.4. Diagrama simplificată $h = f(z)$.

Parametrul duzelor de măsurare (diametrul) se recomandă să fie $d_2 = 2$ mm la măsurările pneumatice cu contact (fig. 2.5), sau $d = 1{,}5$ mm și $d_2 = 1$ mm pentru măsurările fără contact.

În tabelul 2.1 sînt indicate caracteristicile aparatelor pneumatice de măsurare cu $d_2 = 2$ mm, iar în tabelul 2.2 pentru cele cu $d_2 = 1$ mm și $d_2 = 1{,}5$ mm.

La aparatele pneumatice de măsurare prevăzute cu două duze (fig. 2.6, *a*), deci două interstiții $Z_1 \neq Z_2$, pe diagrama debit de aer (Q)

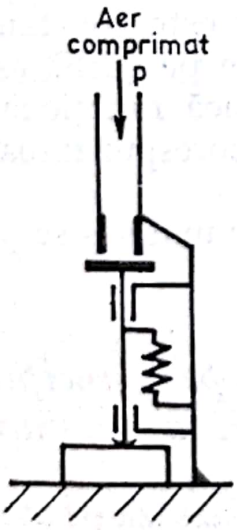


Fig. 2.5. Schema operatorului pneumatic cu contact.

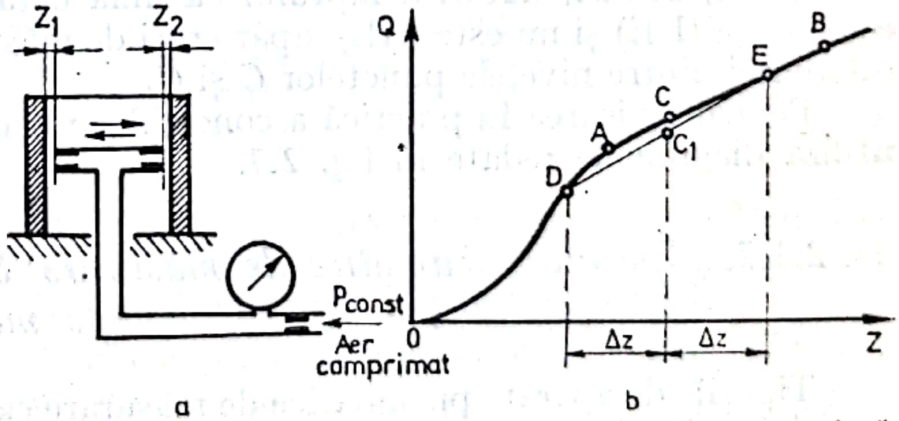


Fig. 2.6. Schema aparatului pneumatic de măsurare cu două ajutaje:

a — schema aparatului; *b* — diagrama debitului de aer în funcție de mărimea interstițiului.

Scanned with OKEN Scanner

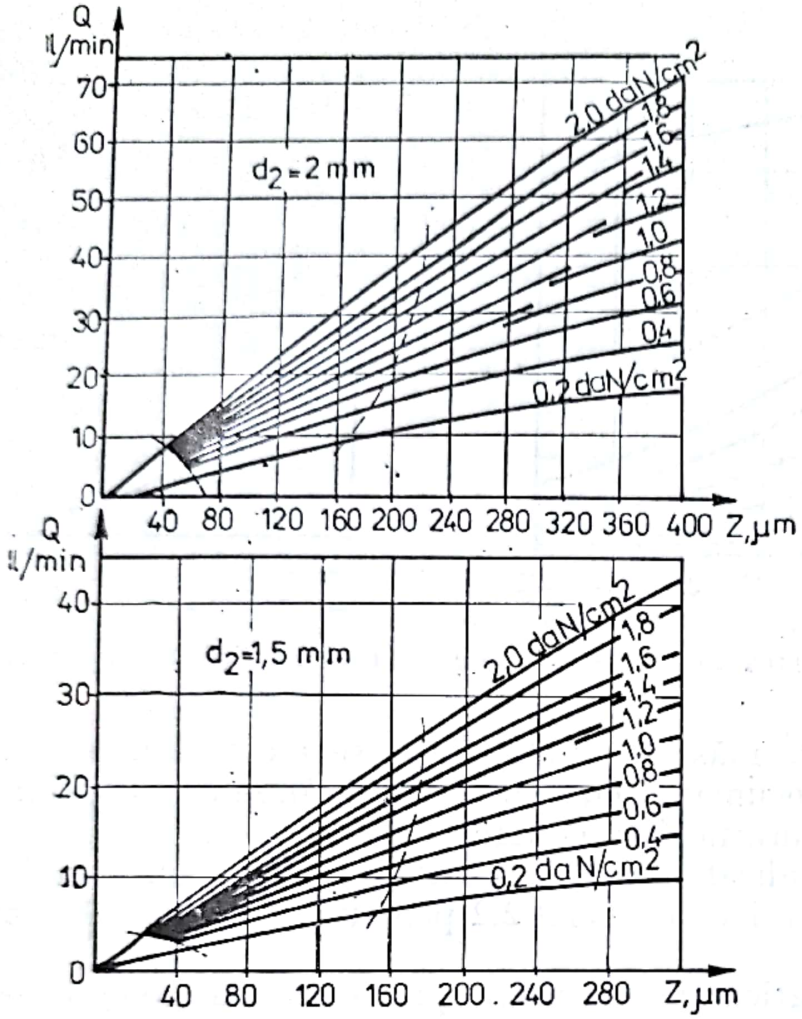


Fig. 2.7. Diagramele de lucru $Q = f(z)$.

și Z, apar valori diferite pentru Z_1 și Z_2, dar suma lor este constantă (fig. 2.6, *b*). În situația în care domeniul de măsurare de pe curbă este ales greșit, atunci, datorită faptului că linia caracteristică funcționării este curbă (DE) și nu este (AB), apar erori de măsurare corespunzătoare diferenței dintre nivelele punctelor C și C_1

Pentru aplicarea în practică a condițiilor menționate mai sus se pot utiliza diagramele redate în fig. 2.7.

2.1.2. *Aparate pneumatice de măsurare bazate pe principiul de măsurare a presiunii*

Tipurile de aparate pneumatice de măsurare care se bazează pe acest principiu sînt următoarele:

— aparatele pneumatice cu joasă presiune (Solex-Franța; Aeromess-RDG; Air-O-Limit-SUA);

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.1

Caracteristicile schemelor pneumatice de măsurare
(duza de măsurare cu $d_2 = 2$ mm)

Diametrul orificiului duzei de intrare în mm	Presiunea de lucru, în daN/cm²	Porțiunea rectilinie a caracteristicii	Interstițiul de măsurare la mijlocul porțiunii rectilinii	Raportul de transfer, în daN/cm²/mm
		în mm		
0,60	0,5	0,020	0,040	8,2
	1,0	0,024	0,042	13,9
	1,5	0,040	0,050	18,9
	2,0	0,044	0,052	21,0
0,70	0,5	0,024	0,042	6,5
	1,0	0,044	0,052	10,1
	1,5	0,046	0,067	12,1
	2,0	0,050	0,070	15,1
0,80	0,5	0,040	0,050	4,3
	1,0	0,046	0,073	7,0
	1,5	0,050	0,085	9,7
	2,0	0,060	0,090	11,6
1,00	0,5	0,080	0,090	2,2
	1,0	0,080	0,120	4,3
	1,5	0,090	0,145	5,9
	2,0	0,100	0,150	7,4
1,20	0,5	0,080	0,120	1,5
	1,0	0,104	0,162	2,6
	1,5	0,110	0,215	3,8
	2,0	0,100	0,190	4,7
1,50	0,5	0,100	0,215	0,7
	1,0	0,100	0,220	1,4
	1,5	0,130	0,245	2,0
	2,0	0,170	0,275	2,6

— aparatele pneumatice cu înaltă presiune (Air Gauge—Mercer—Anglia; Aeropan — RDG; Millipneu — Feinprüf — RFG; comparatorul pneumatic realizat de National Physical Laboratory—Anglia);

— aparate pneumatice cu presiune diferențială (Sigma—Anglia, BV—URSS; Deltameter—Johansson—Suedia);

— aparate pneumatice realizate după procedeul de măsurare cu compensare (Etamic—Franța, Kalibr—URSS, Superjet—IMF București).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.2

Caracteristicile schemelor pneumatice de măsurare

Diametrul d_2 al orificiului duzei de măsurare	Diametrul d_1 al orificiului duzei de intrare	Porțiunea rectilinie a caracteristicilor	Interstițiul de măsurare la mijlocul porțiunii rectilinii	Raportul de transfer $\text{în} \frac{\text{daN/cm}^2}{\text{mm}} \times \times \frac{H^*}{\text{daN/cm}^2}$
în mm				
1,00	0,50	0,040	0,060	7,0
	0,60	0,050	0,075	5,0
	0,80	0,100	0,150	3,0
1,50	0,50	0,032	0,048	13,0
	0,60	0,040	0,060	7,0
	0,80	0,070	0,105	4,5
	1,00	0,100	0,150	2,0

H^* — suprapresiunea de lucru, în daN/cm²

În cele ce urmează se vor descrie aceste aparate, cu referire la principiul lor constructiv și funcțional.

Aparatele pneumatice cu joasă presiune se bazează pe principiul funcțional al aparatului descris la § 2.1.1 (fig. 2.2).

În vederea efectuării operației de măsurare, aparatul pneumatic indicator *6* este introdus într-o instalație pneumatică (fig. 2.8) a cărei schemă cuprinde următoarele elemente: compresorul *1*, separatorul *2*, reductorul de presiune *3*, filtrul *4*, stabilizatorul *5*, traductorul *7*, stativul *8*, piesa de măsurat *9* și măsuța 10.

Aceste elemente au rolul de preparare și pregătire a aerului comprimat în vederea asigurării acestuia a proprietăților optime, care să corespundă unor măsurări realizate în bune condiții.

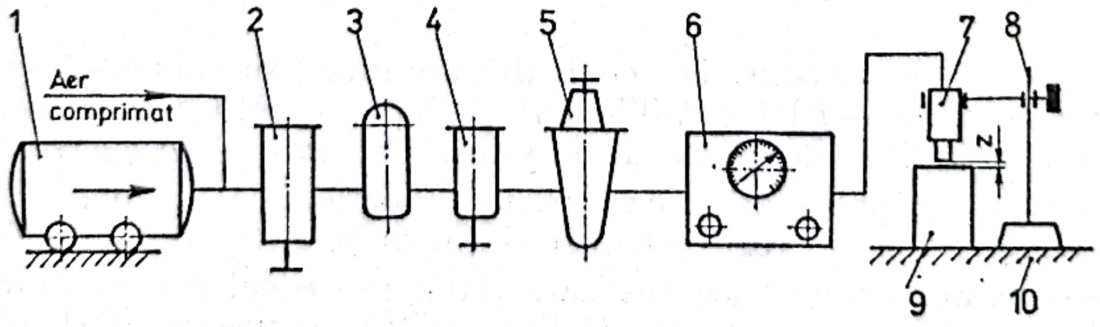


Fig. 2.8. Schema instalației pneumatice pentru aparatele de joasă presiune.

Scanned with OKEN Scanner

Din categoria acestor tipuri de aparate face parte și aparatul pneumatic de măsurare Aeromess (Massi-RDG) ale cărei părți componente sînt ilustrate în fig. 2.9.

Pe principiul măsurării cu joasă presiune se bazează și construcția aparatelor de măsurare Solex și Air — O — Limit (fabricație Pratt Whitney — S.U.A.). Aparatele de acest tip pot fi prevăzute cu contacte fotoelectrice pentru limitarea cîmpului de toleranță (Solex) sau cu sisteme electronice de indicare, ca spre exemplu aparatele Bendix (Scheffield—RFG).

Aparatele pneumatice cu înaltă presiune lucrează la fel ca și aparatele cu joasă presiune, fiind racordate la instalația reprezentată schematic în fig. 2.10. Aerul este adus la regulatorul *2* prin filtrul *1* și are o presiune cuprinsă între 4,2 ... 8,5 daN/cm², după care este reglat la o suprapresiune de 2,81 daN/cm². Între ajutajul capului reglabil *4* și ajutajul de măsurare *5* se află manometrul cu tub Bourdon *6*, a cărei scală este divizată în unități de lungime. Cu ajutorul capului reglabil *4* se poate regla sensibilitatea capului de măsurare, iar cu ajutajul supapei de preaplin *7* se reglează la zero aparatul.

Aparatele pneumatice de măsurare cu înaltă presiune au ca principal avantaj acela, că datorită vitezei mari de ieșire a aerului prin ajutajul de măsurare are loc o curățire foarte bună a suprafeței cercetate.

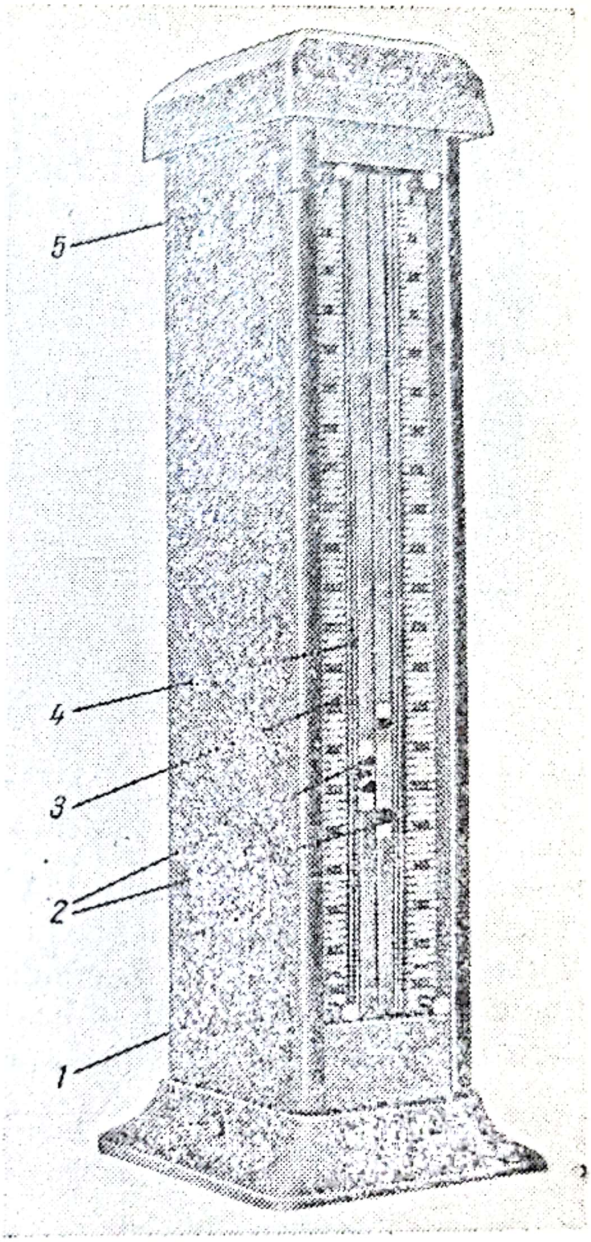


Fig. 2.9. Vedere generală a aparatului Aeromess (Massi-RDG):
1 — corpul aparatului; *2* — limitatori ai cîmpului de toleranță; *3* — scară gradată; *4* — tub cu lichid; *5* — șuruburi pentru fixarea scărilor gradate.

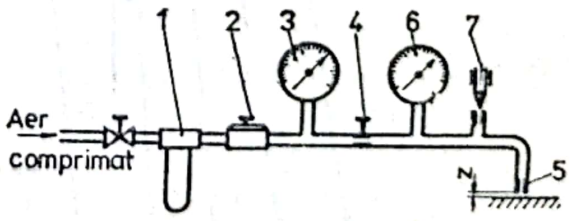


Fig. 2.10. Schema instalației pentru aparatele pneumatice de înaltă presiune.

Scanned with OKEN Scanner

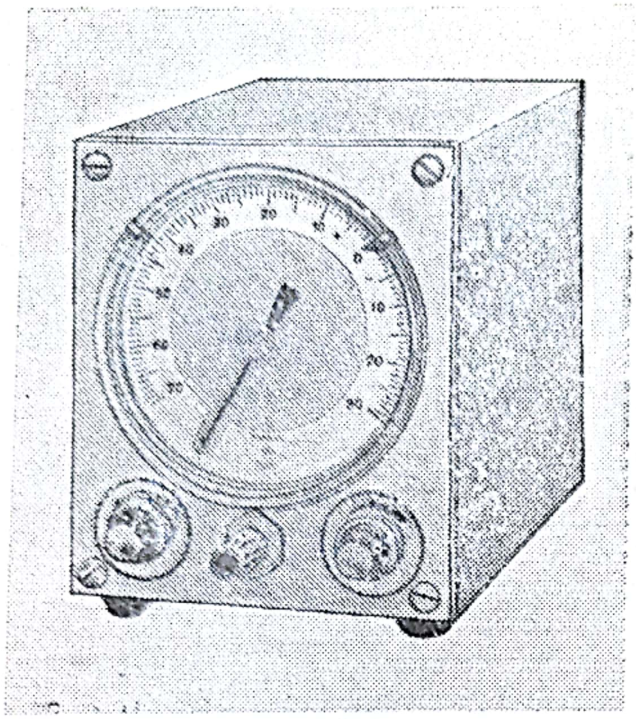


Fig. 2.11. Vederea generală a aparatului Aeropan (Massi-RDG).

De asemenea, aceste tipuri de aparate pot fi realizate în mai multe variante constructive, ceea ce le oferă un cîmp larg de aplicabilitate cum ar fi: controlul în mai multe puncte de măsurare; pot fi prevăzute cu dispozitive înregistratoare sau se pot utiliza în cadrul operațiilor automatizate de control prin adaptarea acestora la comanda procesului de lucru al mașinilor-unelte.

Din această categorie de aparate pneumatice de măsurare fac parte aparatele Air—Gquge (Mercer — Anglia), Aeropan — RDG, Millipneu — RFG etc.

Vederea generală a aparatului pneumatic de măsurare Aeropan este ilustrată în fig. 2.11 iar schema de funcționare este redată în fig. 2.12 (aparatul Aeropan tip B). Părțile componente ale schemei din fig. 2.12 sînt: reductorul de presiune *1*, separatorul de apă și ulei *2*, filtrul de aer *3*, conducta metalică *4*, regulatorul de presiune *5*, duza *6*, aparatul indicator *7*, dispozitivul de reglare la zero *8*, duza de măsurare *9* și suprafața de măsurat *10*. Variația dimensiunilor

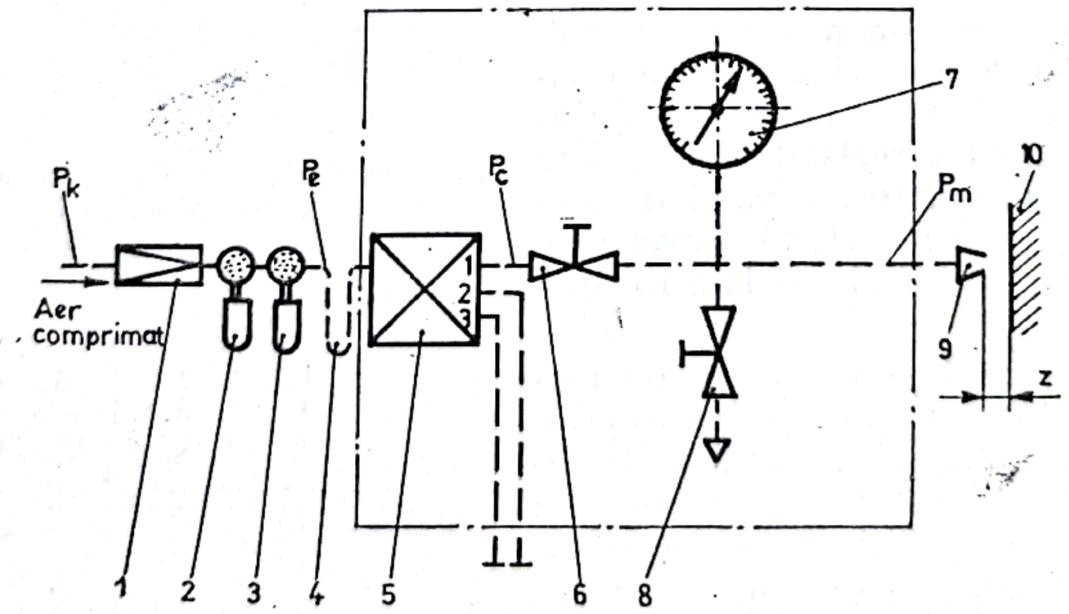
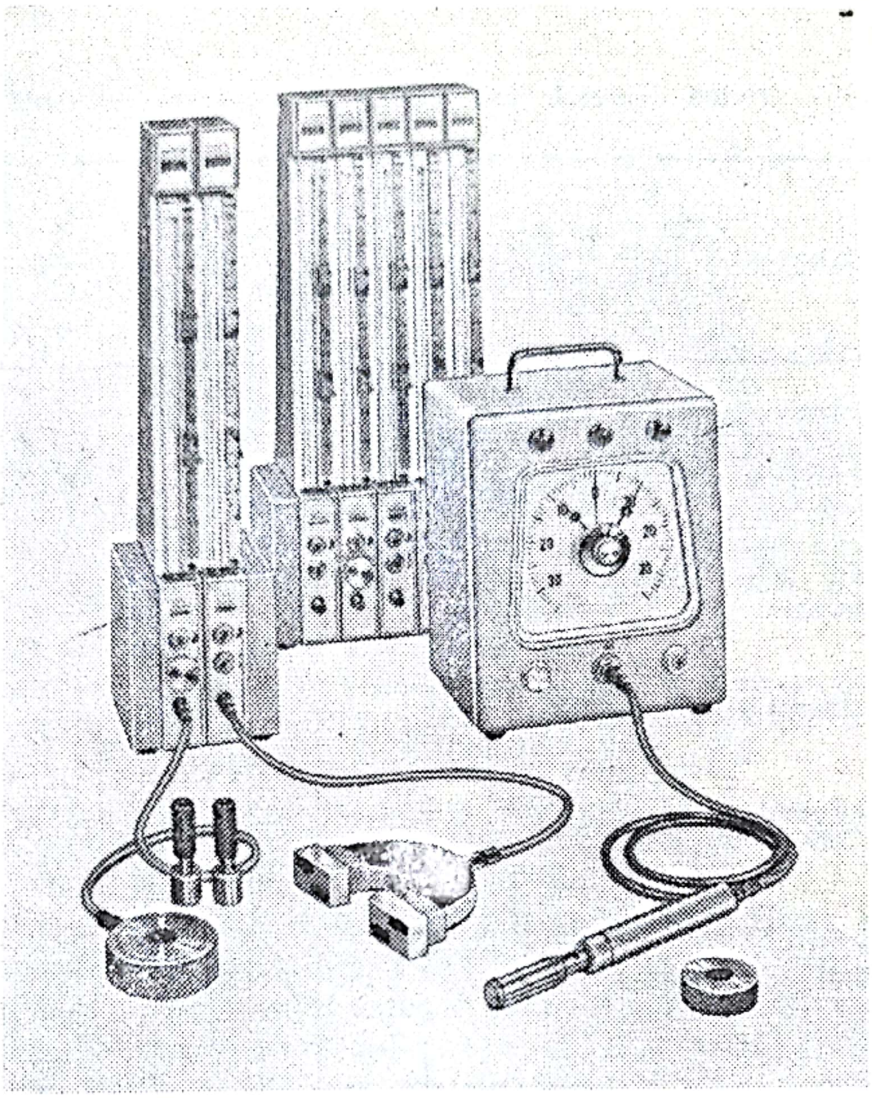


Fig. 2.12. Schema de funcționare a aparatului Aeropan (Massi-RDG).

Scanned with OKEN Scanner



Fog. 2.13. Vederea generală a aparatelor de măsurare Millipneu (Mahr-RFG):
1 — aparatul indicator; *2* — aparatul cu coloană.

piesei de măsurat conduce la mărirea sau micșorarea interstițiului de aer z, deci la o variație a presiunii de măsurare p_m, a cărei valoare este indicată la aparatul pneumatic indicator *7*, al cărui cadran este divizat în unități de lungime.

Caracteristicile tehnice ale aparatelor pneumatice de măsurare tip Aeropan sînt redate în tabelul 2.3.

Aparatele pneumatice de măsurare Millipneu se disting printr-o construcție robustă, siguranță în funcționare și precizie de măsurare ridicată. Aceste aparate sînt realizate în două tipuri constructive și anume: aparate indicatoare *1* și aparate cu coloană *2* (fig. 2.13).

Dintre aceste două tipuri constructive, numai cele indicatoare sînt realizate pe principiul măsurării cu înaltă presiune, prezentat în acest capitol.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.3

Datele tehnice privind aparatele pneumatice de măsurare AEROPAN-B (Massi)

Caracteristici tehnice	Unitatea de măsură	AEROPAN B	AEROPAN B-IV	AEROPAN B-IV-S2	AEROPAN B-IV-S4	AEROPAN B-IV-S6	AEROPAN B-IV-S7
Presiunea de intrare cerută	daN/cm²	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5
Constanta presiunii de reglare	daN/cm²	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Intervalul presiunii de măsurare	daN/cm²	0,55... 1,15	0,55.. 1,15	0,55.. 1,15	0,55.. 1,15	0,55.. 1,15	0,55.. 1,15
Debitul de aer în funcție de valorile măsurate de traductor	i/h i.N	500... 2500	500... 2500	500... 2500	500... 2500	500... 2500	500... 2500
Eroarea de măsurare	valoarea diviziunii µm	±1	±1	±1	±1	±1	±1
Limitatoarele cîmpului de toleranță	valoarea diviziunii µm	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Tensiunea de alimentare	V	—	220	220	220	220	220
		—	127	127	127	127	127
Frecvența	Hz	—	50	50	50	50	50
Puterea	VA	—	5	5	5	5	5
Nr. de comutare		—	4	4	4	4	4
Solicitarea circuitului de comandă. Tensiunea nominală	V	—	100	100	100	100	100
Intensitatea nominală	A	—	1	1	1	1	1
Puterea nominală	W	—	30	30	30	30	30
Dimensiuni de gabarit							
Lățimea	mm	160	195	195	195	195	195
Lungimea	mm	260	310	310	310	310	310
Înălțimea	mm	200	235	235	235	235	235
Diametrul scării indicatoare	mm	120	120	120	120	120	120
Masa	kg	5,5	8,5	8,6	8,5	8,6	8,6

Aparatul este prevăzut cu limitatori ai cîmpului de toleranță și poate garanta un raport de amplificare cuprins între 2 500 ... 5 000.

Comparatorul pneumatic realizat de NPL (National Physical Laboratory—Anglia), este caracterizat prin aceea că asigură un factor de amplificare mare (60 000: 1, la folosirea unui ajutaj de măsurare cu diametrul de 1 mm), o viteză de răspuns ridicată și sensibilitate înaltă.

Principiul constructiv al aparatului este redat în fig. 2.14 și cuprinde următoarele elemente: cilindrul *2*, în care se află pistonul *3* prevăzut cu o cameră circulară cu un ajutaj central *9* și resortul *7*, care împinge pistonul în jos. La creșterea presiunii aerului, care intră prin ajutajul *8*,

Scanned with OKEN Scanner

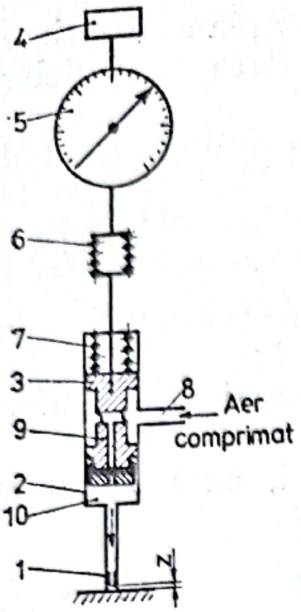


Fig. 2.14. Schema comparatorului pneumatic NPL (Anglia).

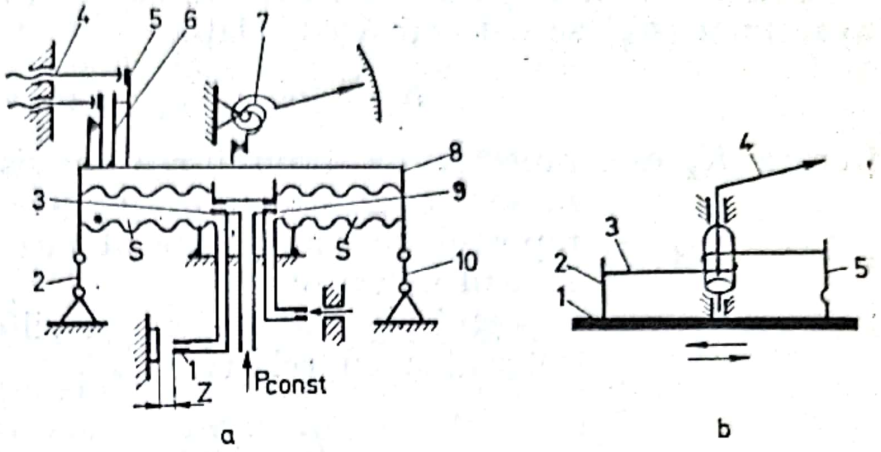


Fig. 2.15. Schema aparatului pneumatic de măsurare cu presiune diferențială (cu silfon).

se produce ridicarea pistonului pînă la echilibrarea acestuia cu forța resortului *7*.

Resortul *6* și greutatea *4* alcătuiesc un sistem oscilant, care asigură oscilații în amplitudine destul de mică la șocurile pistonului, apărute ca urmare a variației bruște a presiunii de la duza de măsurare *1* și din camera *10*. Valorile presiunii de măsurare, ale cărei variații sînt în funcție de variația interstițiului de aer dintre duza de măsurare și suprafața piesei de măsurare, sînt indicate la aparatul pneumatic indicator *5*, al cărui cadran este divizat în unități de lungime.

Aparatele pneumatice de măsurare cu presiune diferențială (cu siflon) au o largă aplicare în instalațiile de măsurare automate (fig. 2.15). Aerul cu presiunea constantă intră prin duzele *3* și *9* în silfonul *S* (fig. 2.15, *a*). Interstițiul de aer *z* este realizat între suprafața de măsurat și duza de măsurare *1* și, ca urmare a variației dimensiunii piesei controlate, are loc variația presiunii în silfon. Prin silfonul din dreapta, aerul trece în atmosferă prin ajutajul de contrapresiune *11*, asigurînd în acest silfon o presiune constantă.

Capetele silfoanelor sînt legate rigid prin dispozitivul de strîngere *8*, suspendat pe arcurile plane *2* și *10*. Poziția sistemului *8* se determină cu ajutorul mecanismului *7*, care pune în mișcare acul indicator.

La unele aparate, transmiterea mișcării la acul *4* se face ca în fig.2.15, *b*, prin intermediul unui fir *3* legat la un capăt de brațul *2* și întins de arcul 5 toate fiind rigidizate pe sistemul mobil *1* al aparatului de măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemul din fig. 2.15, *a* este prevăzut cu arcurile plane *5* întinse inițial de către suportul *6*, șurubul *4* servind la reglarea contactelor electrice cu care este dotat aparatul.

Pentru calculul aparatelor cu silfon, raportul de transmitere total al aparatului (K_T) se determină cu relația

$$K_T = K_Z \cdot K_{SA} \cdot K_S \tag{2.31}$$

în care: K_Z este raportul de transmitere în sistemul pneumatic de măsurare, alcătuit din ajutajele 1 și 3;

K_{SA} — raportul de transmitere al mecanismului de la silfon la acul indicator;

K_S — raportul de transmitere al silfonului, care se poate determina cu relația

$$K_S = \frac{F_S}{R} \tag{2.32}$$

în care: F_S este suprafața efectivă a silfonului iar R — rigiditatea silfoanelor și a arcurilor plane.

De obicei se recomandă: K_Z și $K_S = 20 \ldots 50$.

Datorită uzurii și coroziunii suprafețelor, după un anumit timp are loc o reducere a presiunii de reglare a aparatului, din care cauză, pentru o bună funcționare a acestuia, este necesar să fie satisfăcută inegalitatea

$$\frac{U_{mc}}{K_Z \cdot K_S} < \Delta p \tag{2.33}$$

în care: U_{mc} este valoarea uzurii mecanice și cea datorată coroziunii iar Δp — eroarea admisibilă a aparatului pneumatic.

Valoarea uzurii mecanice și cea datorată coroziunii depind în primul rînd de cuplul de materiale în contact, precum și de numărul de cicluri de funcționare, determinînd în acest fel caracteristicile de fiabilitate ale aparatului.

Caracteristicile principale ale aparatelor pneumatice de măsurare cu silfon sînt: rigiditatea și sensibilitatea ridicată a silfoanelor.

Rigiditatea se exprimă prin raportul dintre presiune p și deplasarea δ datorită acestei presiuni, raport care este constant pentru un anumit aparat.

Sensibilitatea silfonului s este egală cu inversul rigidității și este dată de relația

$$s = \frac{\delta}{p} \tag{2.34}$$

Scanned with OKEN Scanner

Suprafața silfonului F_S se determină cu relația:

$$F_S \geq \frac{P_K + P_M}{K_Z \cdot \Delta p}, \tag{2.35}$$

în care P_K este forța care apare în arcurile mecanismului cu contact electric iar P_M — forța de strîngere a mecanismului de transmitere a mișcării la acul indicator.

Valoarea forței P_K se poate calcula cu relația

$$P_K = nP + \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n} K_i l_i, \tag{2.36}$$

în care: P este forța inițială de strîngere a arcului care asigură contactul electric și depinde de materialul contactului (de obicei pentru contacte din wolfram $P \approx 0{,}03$ N);

n — numărul de contacte;

l_i — valoarea deplasării contactului pentru poziția „Închis";

K_i — rigiditatea arcului care asigură contactul (de obicei $K_i = 0{,}002 \frac{N}{mm}$).

Pe baza principiului funcțional descris pentru fig. 2.15 există diferite tipuri constructive de aparate pneumatice de măsurare cum ar fi: Sigma (Anglia), tipul BV (fabricație CIZ — URSS), Etamic (Elveția), Deltametru (CEJ — Suedia) etc.

Schema de principiu a aparatului pneumatic de măsurare Sigma este redată în fig. 2.16 și este alcătuită din următoarele componente: filtrul *4* prin care trece aerul cu o presiune de 3,5...7 daN/cm², regulatorul de presiune *5*, ajutajul *3* al conductei de comparație și *6* al conductei de măsurare, ajutajul de măsurare *7* și de comparație *1*, camera de presiune *2*, care servește drept manometru. Diferența de presiune care apare la măsurare se poate citi la tubul *U* pentru indicare, care leagă cele două spații ale camerei de presiune despărțite printr-o membrană.

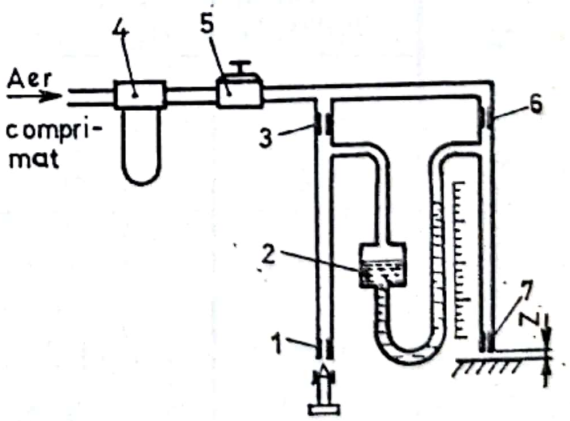


Fig. 2.16. Schema aparatului pneumatic de măsurare Sigma.

Aparatele pneumatice de măsurare tip BV (URSS), construite în mai multe variante (cu silfon sau membrană) au caracteristicile tehnice indicate în tabelul 2.4.

Aparatul pneumatic de măsurare Deltametru (CEJET), fig. 2.17, se

Tabelul 2.4

Caracteristicile tehnice ale aparatelor pneumatice de măsurare construite pe baza schemei diferențiale de măsurare

Tipul aparatului	Numărul de comenzi	Numărul de diviziuni pe scara gradată	Diviziunea pe scara gradată	Valoarea diviziunii	Mărimea reglării după 25 000 cicluri	Eroarea de indicație ($\pm 3\sigma$)	Cursa de lucru a silfonului, în mm	Masa, în kg	Dimensiuni de gabarit, în mm
			în mm	în mm col H_2O					
BV-N 808*	1	—	—	—	5	±5	—	1,1	140×60×85
236	2/1***	± 40	1	0,0002	10	±10	±2	1,920	128×90×100
235	6							2,030	
249	2			0,002				1,920	
BV-6017.4 K	4	+ 90 — 20		0,001	0,001 mm	0,001 mm	±1,8	4,2	150×135×120
BV-1096-M-V	—	+100 — 20	1,25	0,001	**)		±2	6	230×270×300
BV-1096-M-2K	2			0,0005					
BV-1096-M-4K	4			0,0002					

*) Cu membrană, restul cu silfon.

**) Eroarea pe porțiunea gradată ±10 diviziuni de la valoarea zero este egală cu ±0,5 diviziuni. Pe celelalte porțiuni ale scării gradate eroarea este egală cu ±1,5 diviziuni. Eroarea de lucru a contactelor electrice este ±0,001; ±0,0005, ±0,0003 mm corespunzător valorii diviziunii aparatului.

***) O comandă cu contact elastic pentru semnalizare luminoasă.

Observații. Primele cinci aparate sînt livrate de uzina „Kalibr", următoarele trei de uzina CIZ. Presiunea de lucru a tuturor aparatelor este cuprinsă între 0,5... 2daN/cm².

Scanned with OKEN Scanner

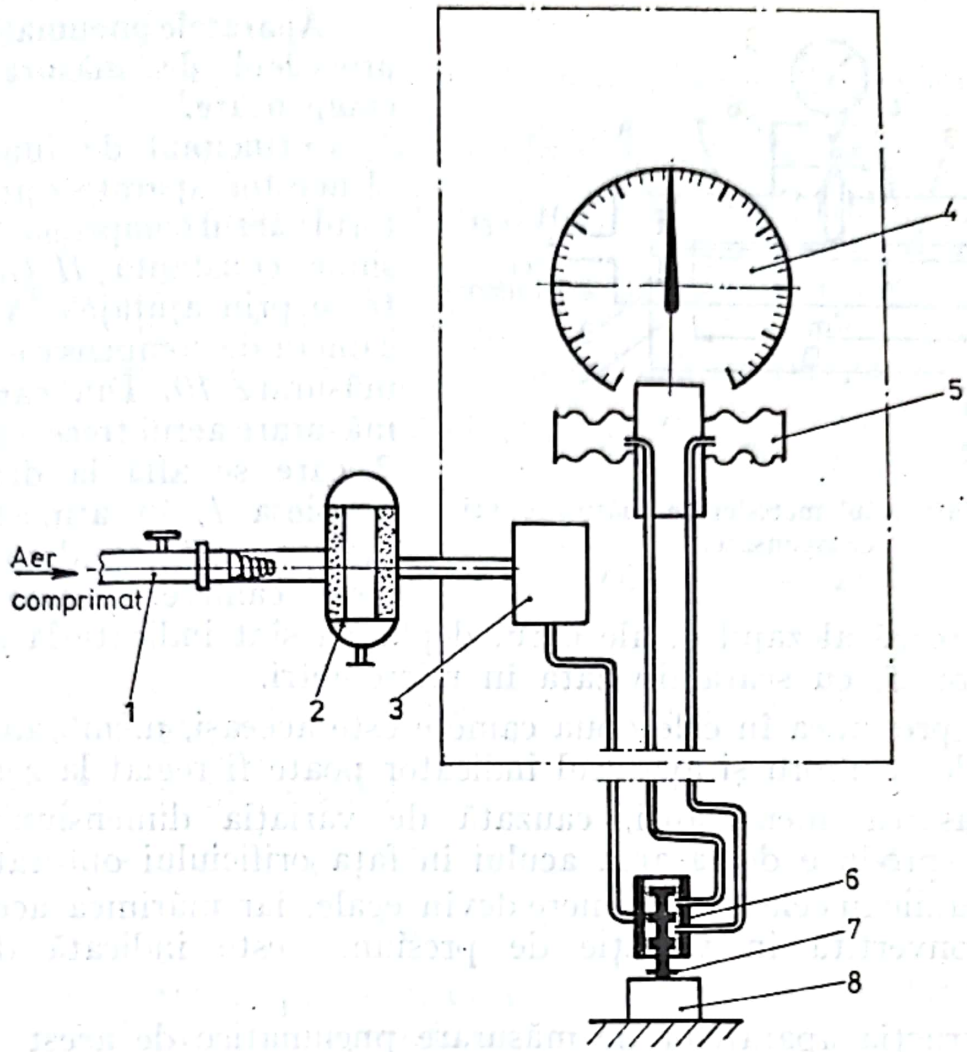


Fig. 2.17. Schema aparatului pneumatic de măsurare
Deltametru (CEJET-Suedia)

compune din: sursa de aer comprimat *1*, filtrul de aer *2*, regulatorul de presiune *3*, capul de măsurare *6*, prevăzut cu palpatorul *7*, care palpează piesa de măsurat *8*, sistemul cu două silfoane *5* și manometrul *4*. Deplasarea sistemului cu două silfoane, provocată de variația presiunii este indicată la manometru.

Pentru reglarea aparatului este necesară utilizarea calibrelor de reglare, inel și tampon, care asigură și controlarea indicării la manometru la măsurarea arborilor, respectiv alezajelor.

Aparatele pneumatice de măsurare CEJET funcționează cu o presiune de 3...10 daN/cm² și sînt fabricate pentru diferite domenii de indicare: 0,5; 1; 2 sau 5 μm. Eroarea de indicare a acestor aparate este de ±2% din domeniul de măsurare al scării aparatului.

Scanned with OKEN Scanner

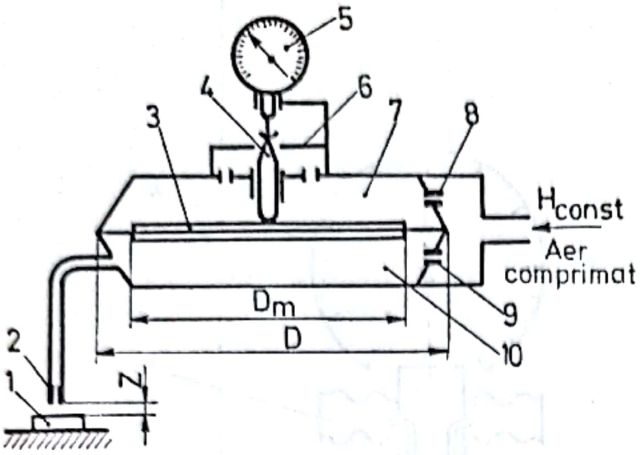


Fig. 2.18. Principiul metodei de măsurare prin compensare.

Aparatele pneumatice după procedeul de măsurare prin compensare.

Principiul de funcționare al acestor aparate este următorul: aerul comprimat sub presiune constantă H (fig. 2.18) trece prin ajutajele *8* și *9* în camera de compensare *7* și de măsurare *10*. Din camera de măsurare aerul trece prin duza *2*, care se află la distanța z de piesa *1*, în atmosferă. Pe membrana *3*, care desparte cele două camere, se află acul *4*, care obturează alezajul *6*, alc cărui deplasări sînt indicate la aparatul comparator *5*, cu scara divizată în micrometri.

Dacă presiunea în cele două camere este aceeași, membrana se află în stare de echilibru și aparatul indicator poate fi reglat la zero.

Deplasarea membranei, cauzată de variația dimensiunii piesei măsurate, produce deplasarea acului în fața orificiului obturator pînă cînd presiunile în cele două camere devin egale, iar mărimea acestei deplasări convertită în variație de presiune, este indicată de comparator.

Construcția aparatelor de măsurare pneumatice de acest tip este foarte simplă, au o mare precizie și sînt mai robuste decît aparatele cu presiune diferențială.

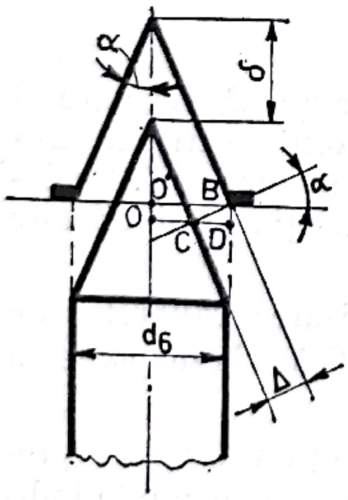


Fig. 2.19. Schema de calcul a aparatelor pneumatice prin compensare.

Valorile presiunii de lucru cu aceste aparate sînt cuprinse între 1...4 daN/cm².

La calculul aparatelor de măsurare pneumatice prin compensare se pune problema determinării valorii deplasării acului conic *4* în funcție de mărimea interstițiului dintre duza de măsurare și piesa de măsurat z, fig. 2.19.

Pentru aceasta se scrie condiția de egalitate între presiunile aerului din camerele de compensare și măsurare:

$$\frac{f_6}{f_9} = \frac{f_2}{f_8}, \qquad (2.37)$$

Scanned with OKEN Scanner

unde:

$f_8 = \frac{\pi \cdot d_8^2}{4}$, suprafața orificiului de intrare în camera de compensare;

$f_2 = \pi \cdot d_2 z$, suprafața inelară de la duza de măsurare;

$f_9 = \frac{\pi \cdot d_9^2}{4}$, suprafața orificiului de intrare în camera de măsurare;

f_6 suprafața de curgere corespunzătoare jocului inelar dintre acul conic *4* și orificiul *6*.

Din fig. 2.19, valoarea lui f_6 se calculează cu relația

$$f_6 = BC \cdot \pi(O'B + OC) \tag{2.38}$$

unde

$$BC = \delta \sin \alpha;\ O'B = \frac{d_6}{2};\qquad OC = \frac{d_6}{2} - CD = \tag{2.39}$$

$$= \frac{d_6}{2} - BC \cdot \cos \alpha = \frac{d_6}{2} - \delta \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

Din (2.37) și (2.38) rezultă

$$f_6 = \pi d_6 \delta \sin \alpha - \pi\delta^2 \cdot \sin^2 \alpha \cos \alpha = \pi \delta \sin \alpha(d_6 - \tag{2.40}$$

$$- \delta \sin \alpha \cos \alpha)$$

Influența variației presiunii de lucru asupra rezultatelor măsurării se micșorează dacă se pune condiția:

$$f_8 = f_9 \tag{2.41}$$

În acest caz (2.37) devine

$$f_6 = f_2 \tag{2.42}$$

Înlocuind valorile f_6 și f_2 în (2.42), aceasta devine

$$\pi \cdot d_2 \cdot z = \pi d_6 \delta \sin \alpha - \pi\delta^2 \sin^2\alpha \cdot \cos \alpha \tag{2.43}$$

Dacă se ordonează relația (2.43) după necunoscuta δ, aceasta devine

$$\delta^2 - \frac{d_6}{\sin \alpha \cos \alpha} + \frac{d_2 z}{\sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha} = 0; \tag{2.44}$$

sau

$$\delta^2 - \frac{2d_6}{\sin 2\alpha} \delta + \frac{4d_2 z \cos \alpha}{\sin^2 2\alpha} = 0 \tag{2.45}$$

Scanned with OKEN Scanner

Prin rezolvarea ecuației în δ rezultă

$$\delta = \frac{d_2}{d_6 \sin \alpha} z \tag{2.46}$$

Pentru aceste aparate pneumatice de măsurare raportul de transfer se definește ca raportul dintre variația mărimii deplasării și valoarea interstițiului de măsurare z, conform relației:

$$K_z = \frac{\mathrm{d}\delta}{\mathrm{d}Z} = \frac{d_2}{d_6 \sin \alpha} \tag{2.47}$$

În condițiile în care $d_8 = d_9$, se observă că valoarea lui K_Z nu depinde de valorile acestor diametre, care pentru aparatele de acest tip au valorile de 0,7 ... 0,8 mm.

Pentru asigurarea unei bune funcționări (între limitele de precizie ale aparatului), este necesară îndeplinirea următoarelor condiții:

— pentru evitarea gripării între ac și orificiul *6*, diametrul *d*6 trebuie să fie mai mic decît cel al orificiului;

— jocul minim dintre conul arcului și orificiu trebuie să aibă valoarea $\Delta_{min} = 0{,}025 \ldots 0{,}04$ mm.

Jocul minim se calculează cu relația

$$\Delta_{min} = \delta_{min} \sin \alpha \tag{2.48}$$

Pe de altă parte

$$\delta_{min} = K_Z \cdot z_{min}, \tag{2.49}$$

unde z_{min} este valoarea minimă a interstițiului dintre ajutajul de măsurare și piesa de măsurat; valorile se aleg din tabelele 2.1 și 2.2 sau se calculează cu relația

$$z_{min} = z_m - \frac{1}{2} \Delta z \tag{2.50}$$

în care z_m este valoarea medie a interstițiului iar Δ_z — intervalul de măsurare al ajutajului.

Din relațiile (2.48), (2.49) și (2.50) se obține

$$d_6 \leqslant \frac{d_2 z_{min}}{\Delta_{min}} \tag{2.51}$$

Raportul de transfer total al aparatelor pneumatice de măsurare prin compensare se determină cu relația

$$K_\Sigma = K_Z \cdot K_M, \tag{2.52}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care K_M este raportul de transfer al aparatului comparator *5*.

Ținînd seama de (2.47) se poate calcula valoarea unghiului α:

$$\alpha = \text{arc sin} \frac{d_2}{d_6 K_Z} \tag{2.53}$$

Determinarea valorii efective a suprafeței membranei se face punînd condiția

$$\frac{\Delta F}{S_m K_p} \leqslant \Delta z, \tag{2.54}$$

unde: K_p este raportul de transfer în sistemul pneumatic corespunzător ajutajului de măsurare și ajutajului de intrare, în camera de măsurare;

ΔF — variația cea mai mare a forțelor pe membrană;

S_m — suprafața efectivă a membranei, care se poate calcula cu relația

$$S_m = \frac{\pi \cdot D^2}{12}\left[1 + \frac{D_m}{D} + \left(\frac{D_m}{D}\right)^2\right], \tag{2.55}$$

în care D este diametrul maxim al membranei iar D_m — diametrul membranei în porțiunea rigidă.

Se recomandă ca raportul $\frac{D_m}{D} = 0{,}8$ și relația suprafeței efective a membranei devine

$$S_m = 0{,}8133 \frac{\pi \cdot D^2}{4} \tag{2.56}$$

Pentru o bună funcționare a aparatului, între limitele domeniului de măsurare, este necesar ca

$$S_m \geqslant \frac{\Delta F}{K_p \cdot \Delta z} \tag{2.57}$$

Din relațiile (2.56) și (2.57) rezultă

$$D \geqslant 1{,}25 \sqrt{\frac{\Delta F}{K_p \Delta z}}\ ;\ D_m = 0{,}8\ D \tag{2.58}$$

Forța de apăsare (P_p) a tijei palpatoare a aparatului comparator este egală cu

$$P_p = (3 \ldots 4) P_c \tag{2.59}$$

Scanned with OKEN Scanner

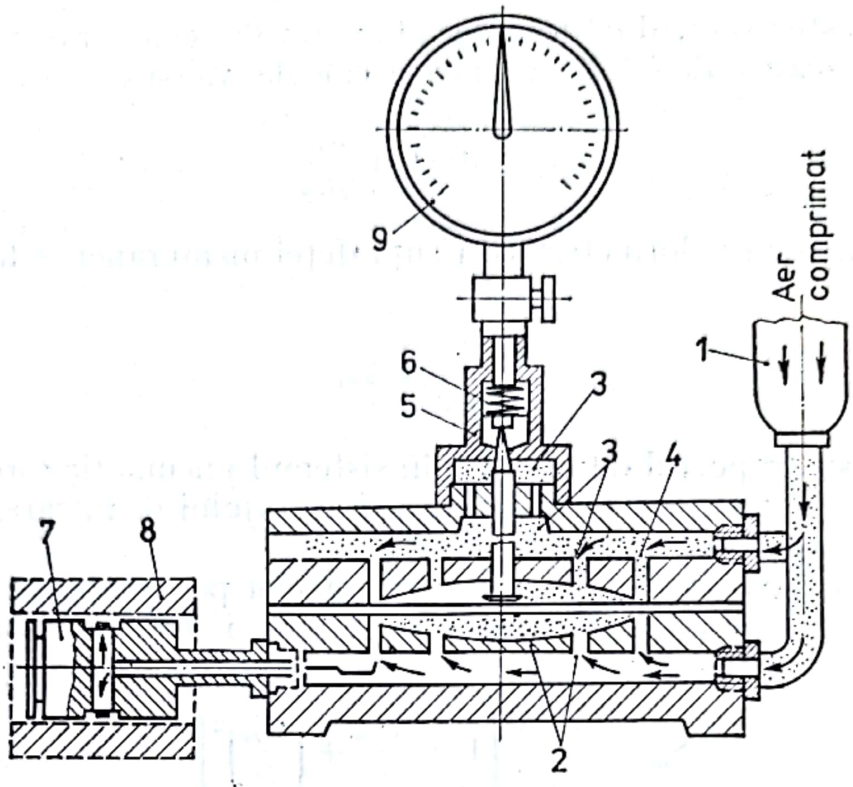


Fig. 2.20. Schema aparatului pneumatic de măsurare ETAMIC (Franța)

unde P_c este forța care apare în camera de compensare și are valoarea dată de relația

$$P_c = \frac{\pi \cdot d_B^2}{4} H \qquad (2.60)$$

În categoria aparatelor pneumatice prin compensare intră aparatele ETAMIC (Franța), Kalibr (URSS), Superjet — IMF (România) etc.

Schema de funcționare a aparatului pneumatic de măsurare ETAMIC este ilustrată în fig. 2.20 și este compusă din următoarele elemente: conducta de alimentare cu aer comprimat *1*, cu presiunea 4 ... 6 daN/cm², camera de măsurare *2*, camera de compensare *3*, membrana *4*, acul *5*, orificiul de ieșire al aerului *6*, duza de măsurare *7*, piesa de măsurat *8* și aparatul comparator *9*.

Presiunea aerului comprimat la intrarea în aparat trebuie să fie de cel puțin 4 daN/cm².

Măsurarea pieselor se face utilizînd duze de măsurare cu diverse forme constructive corespunzătoare pieselor de măsurat.

Aparatele pneumatice de măsurare ETAMIC sînt realizate în trei variante constructive: normală, de înaltă sensibilitate și modelul dife-

Scanned with OKEN Scanner

rențial, care diferă între ele prin domeniul de măsurare, precizia și domeniile de utilizare.

Astfel, aparatul de măsurare ETAMIC, model normal, permite măsurarea diametrelor interioare și exterioare, abaterilor de formă, conicități, grosimi, putînd fi adaptat și la măsurarea prin control activ pe mașina-unealtă în timpul prelucrării mecanice a pieselor.

În tabelul 2.5 sînt indicate domeniile și precizia aparatelor de măsurare ETAMIC model normal.

Comparatorul pneumatic de măsurare ETAMIC, modelul de înaltă sensibilitate, diferă de cel normal prin intervalul și precizia de măsurare.

Tabelul 2.5

Domeniul de măsurare și precizia de măsurare la comparatorul pneumatic de măsurare ETAMIC modelul „Normal"

Organul de măsurare	Domeniul de măsurare, în µm	Precizia aparatului, în µm
Calibru tampon sau furcă	40	0,5
	80	1
	160	2
Palpatoare	80	1
	100	1,25
	200	2,5
	400	5
	800	10
	1 600	20
	3 200	40
	6 400	80

În tabelul 2.6 sînt indicate domeniile și precizia acestor aparate.

Tabelul 2.6

Domeniul de măsurare și precizia de măsurare la comparatorul pneumatic de măsurare ETAMIC modelul „Inaltă sensibilitate"

Organul de măsurare	Domeniul de măsurare, în µm	Precizia aparatului, în µm
Calibru tampon sau furcă	10	0,125
	20	0,25
	40	0,5
Palpator	40	0,5

Comparatorul pneumatic de măsurare, ETAMIC, model diferențial, permite efectuarea măsurării pieselor privind precizia: dimensională, de formă și a poziției reciproce a suprafețelor.

În tabelul 2.7 sînt redate domeniile și precizia aparatelor pentru diferite utilizări ale acestora.

Comparatoarele pneumatice ETAMIC mai prezintă două variante constructive mai speciale pentru măsurarea jocurilor între două piese și pentru măsurarea găurilor cu diametru mic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.7

Domeniul de măsurare și precizia de măsurare la comparatorul pneumatic de măsurare ETAMIC modelul „Diferențial"

Tipul măsurării	Domeniul de măsurare, µm	Precizia aparatului, în µm
Ovalitate	10	0,125
Conicitate	20	0,25
Rectilinitate	40	0,50
Distanța între axe, concentricitate, perpendicularitate	5	0,062
	10	0,125
	20	0,25
Paralelism	40	0,50
Distanța între axe	10	0,125
Paralelism	20	0,25

Aparatele pneumatice de măsurare fabricate de uzina Kalibr (URSS) sînt realizate pe baza schemei funcționale prezentate în fig. 2.19.

Caracteristicile tehnice ale acestor aparate sînt redate în tabelul 2.8.

Tabelul 2.8

Dimensiunile duzelor de intrare, în mm

d_1 Abaterea limită după	H7	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0
l Abaterea limită după	H12	2					4				

Comparatoarele pneumatice de măsurare „Superjet", denumite și traductoare pneumatice „Superjet", funcționează pe principiul scurgerii aerului la viteze sonice, precum și pe principiul punții Wheastone, cu posibilitatea autocompensării dezechilibrului acesteia cu ajutorul unei supape (ac) de autocompensare, de construcție specială.

În fig. 2.21 este prezentată schema de principiu a aparatului de măsurare Superjet (fabricație IMF — București).

Consumul de aer este de 4 .. 6 m.c./oră pentru o presiune de alimentare de 5 daN/cm².

Variația interstițiului de măsurare z, produsă de variația dimensiunii piesei de măsurat, produce la rîndul său variația presiunii din camera de măsurare *1*. Diferența de presiune a camerei *1* față de camera

Scanned with OKEN Scanner

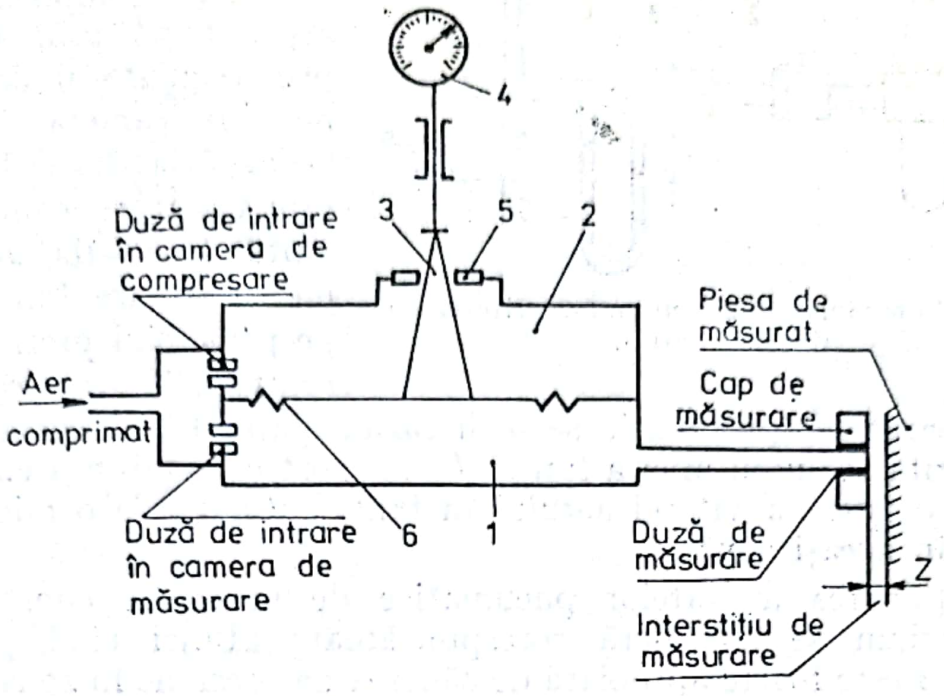


Fig. 2.21. Schema aparatului pneumatic de măsurare SUPERJET (fabricație IMF — București).

de compensare *2*, va produce deplasarea membranei *6* și a cuiului *3* al supapei duzei de autocompensare *5*, în sensul dezechilibrului sistemului.

Deplasarea membranei *6* și respectiv, a cuiului *3*, citită la comparatorul *4* gradat în micrometri ($\pm$ 40 μm), are loc pînă la anularea dezechilibrului de presiune dintre cele două camere, pînă cînd cele două presiuni devin egale.

Astfel, abaterile efective ale pieselor sînt traduse în variații ale interstițiului z cărora le vor corespunde variații, proporționale ale presiunii, convertite în μm, cu ajutorul comparatorului cu cadran, etalonat corespunzător în μm.

Valoarea diviziunii comparatorului este egală cu 1 μm, iar domeniul de măsurare pe scara aparatului este de $\pm$40 μm.

2.2. Metoda măsurării vitezei

2.2.1. *Principiul constructiv și funcțional*

Măsurarea pneumatică prin metoda măsurării vitezei se bazează pe principiul de lucru al ajutajelor Venturi așa cum este ilustrat în fig. 2.22.

Scanned with OKEN Scanner

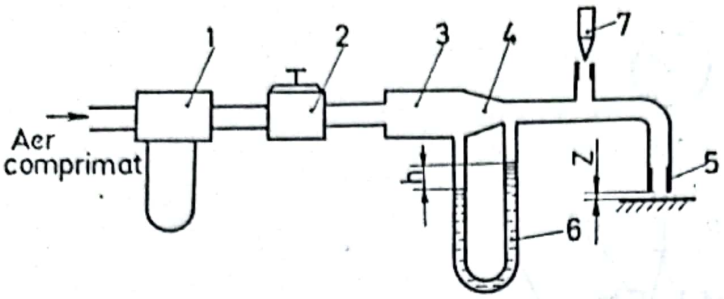


Fig. 2.22. Principiul metodei măsurării vitezei cu ajutaje Venturi.

Aerul comprimat de la rețea trece prin filtrul *1* prin regulatorul de presiune *2* în camera *3* și prin fanta *4* la duza de măsurare *5*. Între camera *3* și fanta *4* se află un manometru *6* care funcționează pe principiul presiunii diferențiale. Pentru reglarea la zero a aparatului pneumatic se utilizează supapa de trecere *7*.

Datorită secțiunii mici a fantei *4* în raport cu secțiunea camerei *3*, are loc o creștere a vitezei aerului în fantă, urmată de o micșorare a presiunii în aceași zonă.

Funcționarea aparatelor pneumatice de măsurare construite pe acest principiu se consideră corespunzătoare atunci cînd presiunea în camera *3* este foarte apropiată de căderea de presiune în zona fantei *4* (*h* foarte mic).

Sensibilitatea acestor aparate este direct proporțională cu înălțimea fantei, deoarece variația presiunii *h* depinde de pătratul înălțimii fantei h_1 după relația

$$h_1 \approx \frac{h_0}{0{,}26} C_H \sqrt{\frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{h}{p_a}} \qquad (2.61)$$

în care h_0 este dat de relația

$$h_0 = h \frac{S_b}{S_e} \qquad (2.62)$$

în care S_b este aria secțiunii transversale a ajutajului de ieșire, mm;

S_e — aria secțiunii transversale a fantei *4*, mm;

C_H — constantă a aparatului;

α — raportul dintre căldura specifică a aerului la presiune constantă (C_p) și cea la volum constant (C_v);

p_a — presiunea atmosferică.

O altă metodă pneumatică prin măsurarea vitezei este cea cu balometru (fig. 2.23). De la sursa de aer comprimat, acesta trece prin instalația de preparare și apoi în aparatul de măsurare propriu-zis. Aerul trece prin două conducte *4* și *3*, situate în rezervorul de răcire *6* către duza de măsurare *7*, respectiv către conducta de comparație *1* prevăzută cu un sistem de reglare.

Scanned with OKEN Scanner

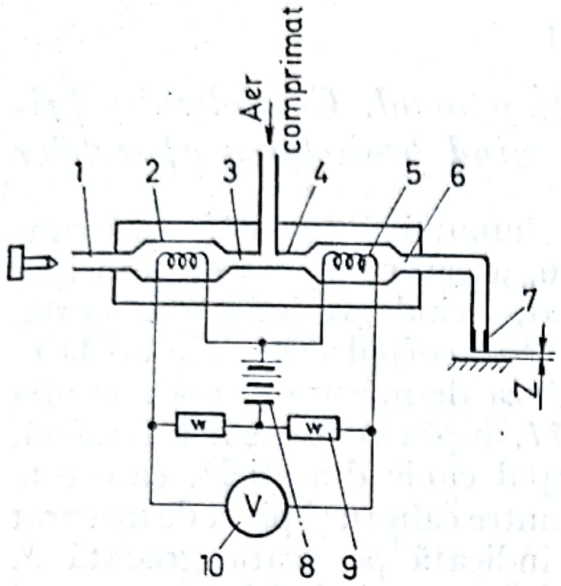


Fig. 2.23. Principiul metodei măsurării vitezei cu balometru.

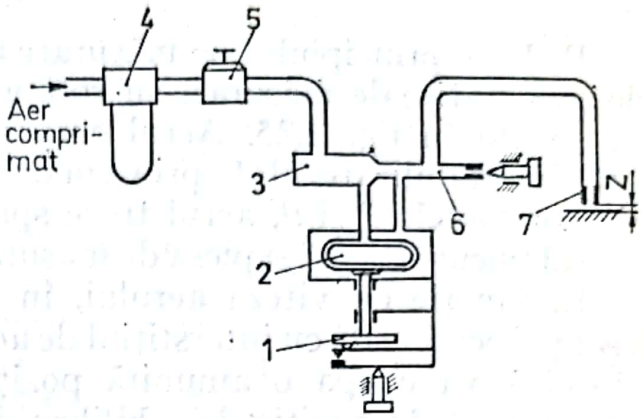


Fig. 2.24. Schema aparatului comparator (Taft-Peirce-SUA).

Rezistențele din sîrmă de platină *5* și *2* sînt conectate la sursa de curent *8*, galvanometrul *10* și puntea *9* pentru măsurarea acestora.

Întrucît rezistența sîrmei de platină depinde de temperatură, care este direct proporțională cu cantitatea de aer care trece, deci cu valoarea dimensiunii piesei de măsurat.

2.2.2. *Aparate pneumatice de măsurare după metoda de măsurare a vitezei*

Dintre aparatele pneumatice care funcționează pe principiul de măsurare a vitezei fac parte aparatul „Comparaitor" și Balometrul-Sigma.

Aparatul pneumatic de măsurare „Comparaitor" (firma Taft-Peirce-SUA) a cărei schemă de funcționare este ilustrată în fig. 2.24 este compus din: filtrul *4*, regulatorul *5*, camera *3* prevăzută cu ajutaj Venturi *6* reglabil și duza de măsurare *7*. Camera de măsurare *2* este în legătură cu comutatorul *1* care pentru variații ale presiunii de măsurare trece în poziția închis sau deschis, în funcție de valoarea dimensiunii piesei de măsurat.

Balometrul-Sigma funcționează pe principiul deschis la fig. 2.23, cu deosebirea că dezechilibrarea punții se înregistrează la un aparat gradat în unități de lungime, iar rezistențele sînt așezate într-un recipient frigorifer.

Scanned with OKEN Scanner

2.3. Metoda măsurării volumului

2.3.1. *Principiul constructiv și funcțional. Considerații privind proiectarea aparatelor*

Pe baza principiului de măsurare a volumului sînt construite aparatele pneumatice de măsurare cu rotametru, a căror schemă de principiu este redată în fig. 2.25. Aerul comprimat, avînd presiunea constantă, intră din stabilizatorul *1*, prin conducta *2* în corpul conic din sticlă *6*. Prin conductele *3* și *9*, aerul trece spre duza de măsurare, unde se află calibrul pneumatic *10* și piesa de măsurat *11*, după care trece în atmosferă.

În funcție de viteza aerului, în corpul conic din sticlă, care este direct proporțională cu interstițiul de aer dintre calibru și piesa de măsurat flotorul *7* va ocupa o anumită poziție indicată pe scara gradată *8*. Flotorul va fi în poziție de echilibru dinamic atunci cînd între acesta și pereții corpului conic apare un joc, în așa fel încît viteza aerului compensează greutatea flotorului și forța de frecare dintre plutitor și aer.

În partea superioară a țevii conice din sticlă se află capacul *5* care dă posibilitatea schimbării plutitorului. De asemenea în corpul metalic *12* al aparatului se află șuruburile *13* și *14* pentru reglarea aparatului. Astfel, șurubul *13* servește la reglarea deschiderii prin care o parte din aer trece spre țeava *9* fără să treacă prin țeava *6* iar șurubul *14* se utilizează pentru reglarea deschiderii prin care aerul din conducta *3* iese în atmosferă fără ca să treacă prin calibrul *10*.

La aparatele pneumatice de măsurare cu rotametru, viteza de curgere a aerului prin duza de măsurare variază între o viteză oarecare minimă și o viteză maximă, egală cu așa-numita viteză critică a sunetului, după care viteza rămîne constantă chiar în condițiile creșterii presiunii. Ca urmare, pentru aceste tipuri de aparate, de măsurare, se definește un raport critic egal cu raportul presiunilor absolute, a cărui valoare se

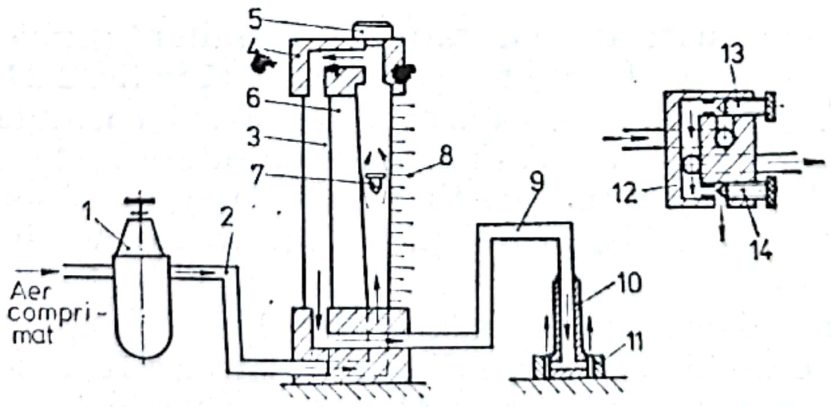


Fig. 2.25. Schema aparatului pneumatic cu rotametru

determină cu relația

$$\left(\frac{p_a}{p_0}\right)_{cr} = \left(\frac{2}{\alpha+1}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha-2}} \tag{2.61}$$

în care p_a este presiunea atmosferică;
p_0 — presiunea absolută în aparat;
α — indice adiabatic (pentru aer $\alpha = 1{,}41$).

În situația curgerii aerului prin duza de măsurare pentru $\frac{p_a}{p_0} \geqslant \left(\frac{p_a}{p_0}\right)_{cr}$, viteza de curgere a aerului este dată de relația

$$v = \sqrt{\frac{2\alpha}{\alpha-1} \cdot \frac{p_a}{\rho_0}\left[1 - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]}, \text{ m/s} \tag{2.62}$$

în care ρ_0 este densitatea aerului în aparat.

Pentru cazul în care $\frac{p_a}{p_0} < \left(\frac{p_a}{p_0}\right)_{cr}$, viteza teoretică este egală cu cea critică, deci există relația

$$v = v_{cr} = \sqrt{\frac{2\alpha}{\alpha+1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0}}, \text{ m/s} \tag{2.63}$$

Volumul de aer V care trece la un moment dat prin duza de măsurare se determină cu relațiile

$$V = t \cdot S_e \sqrt{\frac{2\alpha}{\alpha+1}\left(\frac{2}{\alpha+1}\right)^{\frac{2}{\alpha-1}} R \cdot T_r} = V_{max}, \tag{2.64}$$

pentru $p_a \leqslant p_c$,
în care: t este timpul de scurgere a aerului;
S_e — aria minimă a secțiunii transversale a tubului conic;
R — constanta aerului ($R = C_p - C_v$);
T_r — temperatura absolută a aerului;
p_c — valoarea presiunii în duza de măsurare.
sau

$$V = t \cdot S_b \sqrt{\frac{2}{\alpha-1} RT_r} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_a}{p_r}\right)^{\frac{2}{\alpha}} - \left(\frac{p_a}{p_r}\right)^{\frac{\alpha+1}{\alpha}}} < V_{max}, \tag{2.65}$$

Scanned with OKEN Scanner

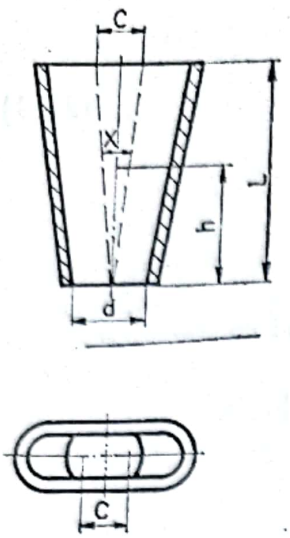


Fig. 2.26. Schema de calcul a aparatului pneumatic cu rotametru.

pentru $p_a > p_c$,
în care S_b este aria secțiunii transversale a duzei de măsurare iar p_r presiunea din fața duzei de intrare în aparat.

Pentru determinarea valorii înălțimii h (fig. 2.26) se pleacă de la ecuația lui Bernoulli pentru scurgerea gazului în două secțiuni

$$\frac{v_2^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0}\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right] \qquad (2.66)$$

în care indicele doi se referă la duza de intrare iar indicele zero la secțiunea flotorului.

Cînd presiunea în cele două secțiuni devine constantă, debitul de aer este constant și există relația

$$\rho_1 S_1 v_1 = \rho_a S_a v_a \cdot \mu \qquad (2.67)$$

în care: S_1, S_a sînt aripile jocurilor de aer de la flotor și duze;
v_1, v_a — vitezele aerului în secțiunile respective ale flotorului și duzei;
ρ_1, ρ_a — densitățile aerului în aparat și în atmosferă;
μ — coeficient de debit.

Din relația 2.67 se determină

$$v_1 = \mu \frac{\rho_a S_a v_a}{\rho_1 S_1} \qquad (2.68)$$

Dacă secțiunea țevii rotametrului este de formă ovală, aria jocului în secțiunea flotorului este

$$S_1 = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_1^2) + \beta d, \qquad (2.69)$$

unde d și d_1 sînt diametrele țevii și flotorului iar β — rezistența frontală a flotorului.

Valoarea lui β (fig. 2.26) se deduce din relația:

$$\frac{\beta}{c} = \frac{h}{L}\ ;\ \beta = \frac{c}{L} h \qquad (2.70)$$

în care h este mărimea deplasării flotorului de la poziția limită inferioară pînă la poziția corespunzătoare secțiunii analizate.

Scanned with OKEN Scanner

În acest caz (2.69) devine

$$S_1 = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_1^2) + \frac{cd}{L}h \tag{2.71}$$

Dacă se notează

$$\frac{\pi}{4}(d^2 - d_1^2) = a \quad \text{și} \quad \frac{cd}{L} = b, \tag{2.72}$$

atunci (2.71) devine

$$S_1 = a + bh \tag{2.73}$$

Ținînd seama de relația (2.73), relația (2.68) va fi:

$$v_1 = \mu \frac{\rho_a S_a v_a}{\rho_1 (a + bh)} \tag{2.74}$$

Valoarea rezistenței frontale a flotorului β se determină cu relația

$$\beta = C_\beta \rho S \frac{v_1^2}{2} \tag{2.75}$$

unde: C_β este coeficientul forței frontale a flotorului;
S — aria de rezistență frontală a flotorului.
Din relația 2.75 se determină valoarea vitezei v_1:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\beta}{C_\beta \rho S}} \tag{2.76}$$

Dacă se egalează (2.74) cu (2.76) se obține

$$\mu \frac{\rho_a S_a v_a}{\rho_1 (a + bh)} = \sqrt{\frac{2\beta}{C_\beta \rho S}} \tag{2.77}$$

Din relația 2.77 se deduce valoarea h:

$$h = \mu \frac{\rho_a}{\rho_1} \cdot \frac{S_a v_a}{b} \sqrt{\frac{C_\beta \rho S}{2\beta}} - \frac{a}{b} \tag{2.78}$$

Valoarea ρ_a/ρ_1, care reprezintă densitatea relativă, se poate exprima din ecuația adiabatei:

$$\Delta = \frac{\rho_a}{\rho_1} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \left(\frac{p_a}{p_1}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \tag{2.79}$$

Scanned with OKEN Scanner

Ținînd seama de (2.79), valoarea lui h din (2.78) devine

$$h = \Delta\mu \cdot \frac{S_a v_a}{b}\sqrt{\frac{C_\beta \rho S}{2\beta}} - \frac{a}{b} \tag{2.80}$$

în care

$$S_a = \pi \cdot d_2 \cdot z \tag{2.81}$$

unde, d_2 este diametrul duzei de măsurare iar z — mărimea interstițiului de aer.

Valoarea lui S este dată de relația

$$S = \frac{\pi d_1^2}{4} \tag{2.82}$$

în care: d_1 este diametrul flotorului.

În final valoarea lui h devine

$$h = \mu \frac{\pi d_1 d_2 z}{b\sqrt{\beta}}\sqrt{\frac{\pi}{4} C_\beta \frac{\alpha}{\alpha - 1} p_1\left[\left(\frac{p_a}{p_1}\right)^{2/\alpha} - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{(\alpha+1)/\alpha}\right]} - \frac{a}{b} \tag{2.83}$$

Valoarea coeficientului de debit μ se determină cu relația

$$\mu = \frac{Q_e}{Q_t} \tag{2.84}$$

în care Q_t reprezintă valoarea teoretică a debitului și este dată de expresia

$$Q_t = \gamma_2 S_a \cdot v_a = \pi\gamma_2 d_2 \cdot z\sqrt{2g\frac{\alpha}{\alpha - 1} R T_s\left[1 - \left(\frac{p_a}{p_1}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}\right]} \tag{2.85}$$

în care: g este accelerația gravitațională;

R — constanta gazului;

T_s — temperatura absolută din recipientul stabilizatorului aparatului.

Relația dintre jocul inițial z_0 și presiunea p_0 din aparat este următoarea:

$$z_0 = \frac{0{,}045\sqrt{\beta}}{\sqrt{p_0\left[\left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{1{,}42} - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{1{,}71}\right]}} \tag{2.86}$$

și este dedusă în condițiile: $\alpha = 1{,}41$; $C_\beta = 1{,}12$ și $p_a = 526\, p_1$.

Scanned with OKEN Scanner

2.3.2. *Aparate pneumatice care funcționează conform principiului de măsurare a volumului*

În categoria aparatelor pneumatice de măsurare realizate pe principiul de măsurare a volumului se pot cita: Rotametru, Somet, Compact, Precisionaire, Kalibr, Millipneu etc.

Principiul constructiv și funcțional al aparatului Rotametru a fost descris în § 2.3.1 (fig. 2.25). Aparatele pneumatice de măsurare bazate pe acest principiu prezintă următoarele avantaje:

— liniaritatea scării gradate pe întreg domeniul de măsurare;

— inerție mică;

— presiunea aerului este relativ mare, ceea ce permite îndepărtarea umezelii sau a impurităților de pe suprafața piesei de măsurat.

Aparatul pneumatic de măsurare Rotametru asigură un raport de amplificare de 2 000 ... 10 000, la unele construcții acesta ajungînd la 20 000.

Schema de principiu a aparatului pneumatic de măsurare Precisionaire (Scheffield Corporation — SUA) este ilustrată în fig. 2.27 și este alcătuită din: regulatorul reglabil de presiune *1*, filtrul *2*, regulatorul de presiune *3*, filtrul *4*, debitmetrul *9* și duza de măsurare *11*. Părțile componente ale debitmetrului sînt: tubul conic de sticlă *8* în care se află flotorul *7*, supapa *6* pentru reglarea la zero a aparatului, piesa de legătură *10* care leagă debitmetrul de conducta de măsurare și care poate fi închisă prin supapa *5*.

Vedere generală a aparatului Precisionaire este redată în fig. 2.28.

Presiunea de lucru cu aceste aparate este de circa 0,7 daN/cm² iar presiunea de intrare este cuprinsă între 4...6 daN/cm².

Aparatul pneumatic de măsurare Precisionaire (firma Bendix—RFG), a cărui vedere de ansamblu este redată în fig. 2.29) asigură urmă-

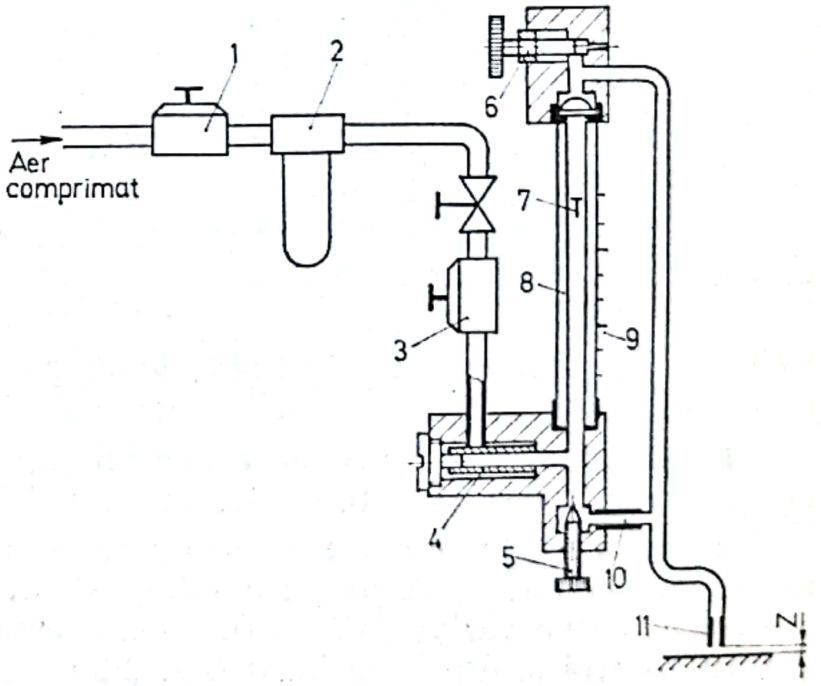


Fig. 2.27. Schema aparatului pneumatic de măsurare Precisionaire (Scheffield-Corporation-SUA).

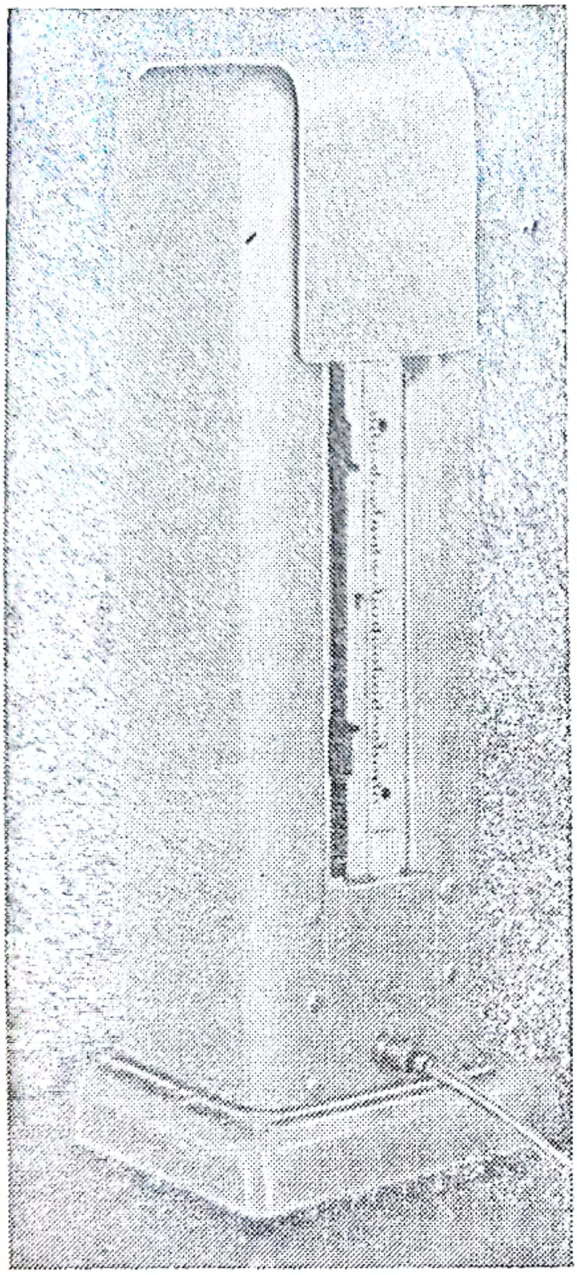


Fig. 2.28. Vederea generală a aparatului pneumatic de măsurare Precisionaire.

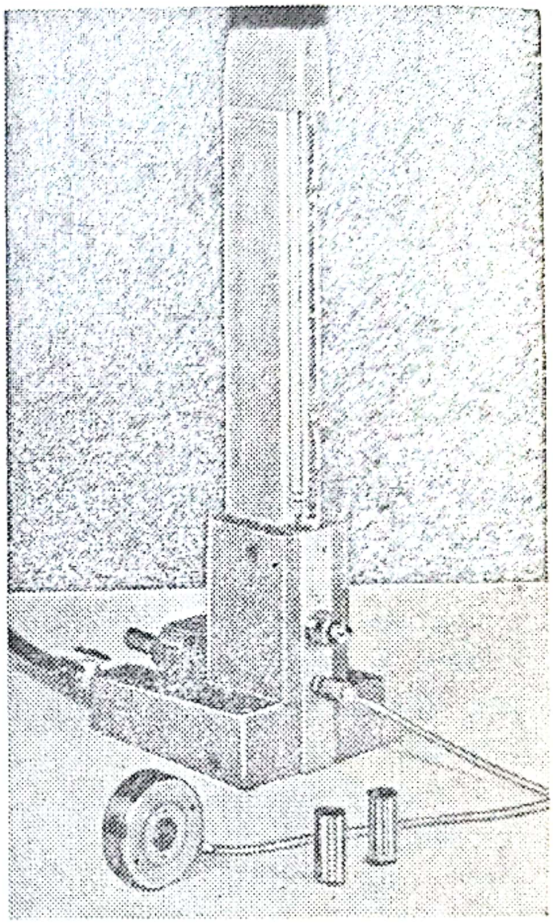


Fig. 2.29. Vederea generală a aparatului pneumatic de măsurare Precisionaire (Bendix-RFG).

toarele trepte de amplificare: 1 000, 2 000, 5 000, 10 000, 20 000, 40 000, scala gradată avînd următoarele valori ale diviziunii: 0,5, 1 și 2 μm.

Presiunea aerului de la rețea poate fi cuprinsă între 3...10 daN/cm², iar presiunea de lucru este de 1,7 sau 2,4 daN/cm².

Aceste aparate de măsurare se fabrică în mai multe tipodimensiuni, asigurîndu-se măsurarea unei game largi de dimensiuni, la piese cu forme constructive variate, prin utilizarea acestora sub formă de aparate pentru control multidimensional (fig. 2.30).

Aparatele pneumatice de măsurare produse de uzina Kalibr (URSS) se bazează pe principiul funcțional descris în fig. 2.26. Pentru proiectarea

Scanned with OKEN Scanner

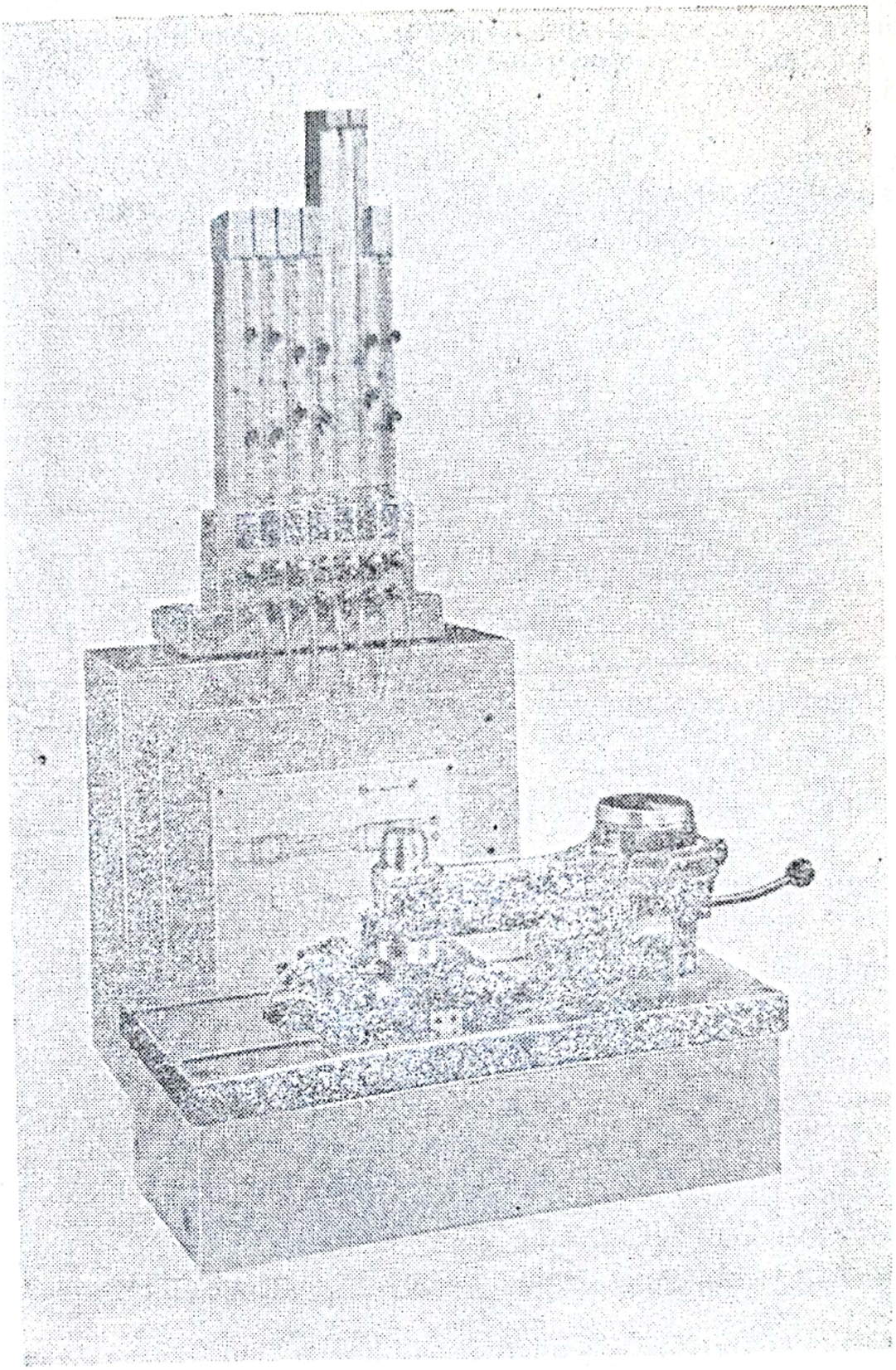


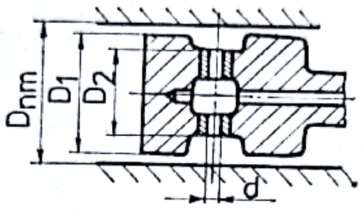
Fig. 2.30. Controlul multidimensional cu aparatele pneumatice de măsurare Precisionaire (Bendix-RFG).

Scanned with OKEN Scanner

calibrelor — tampon folosite la măsurarea dimensiunilor interioare, se dau în tabelul 2.9 valorile orientative recomandate de către această uzină.

Tabelul 2.9

Caracteristicile tehnice ale duzelor pneumatice de fabricație „Kalibr" (URSS)



$D_{nm} - D_1 = 0{,}005 \ldots 0{,}01$mm

Diametrul orificiului duzei, în mm	Jocul mediu, $\frac{D_m - D_2}{2}$ mm	Conicitatea tubului					
		1:400	1:1 000	1:400	1:1000	1:400	1:1000
		Raportul de transmitere		Limita de măsurare, µm		Eroarea, µm	
0,5	0,08	1 500— 3 000	3 200— 7 500	50	50	2	1
0,7	0,07	2 200— 4 500	5 600—11 200	100	40	1,5	0,8
1	0,06	3 000— 6 000	7 500— 1 500	70	28	1	0,6
1,4	0,06	4 500— 9 000	11 200—22 500	50	20	0,75	0,5
2	0,04	6 000—12 000	15 000—30 000	35	14	0,5	0,4

Aceste aparate se caracterizează printr-un domeniu mare de măsurare și o înaltă sensibilitate.

Aparatele pneumatice de măsurare Millipneu (firma Mahr-RFG), a căror vedere de ansamblu este redată în fig. 2.14 (poziția 2) sînt destinate măsurării dimensiunilor exterioare, interioare, abaterilor de formă și de poziție reciprocă a suprafețelor. La măsurarea mai multor dimensiuni, aceste aparate se utilizează sub forma aparatelor multicoloană (fig. 2.14). Un domeniu larg de aplicării aparatelor Millipneu este acela al verificării încadrării pieselor într-un anumit cîmp de toleranță prescris. În acest sens, unele aparate de măsurare din acest tip (Fotopneu nr. 2550) sînt prevăzute cu elemente de comutare fotoelectrice, care conțin doi fototranzistori și o sursă de lumină montată pe tubul de măsurare al aparatului.

Scările aparatelor pneumatice Millipneu sînt realizate sub trei forme forma I — cu punctul zero la mijlocul scalei; forma II — cu punctul zero în sfertul de scală superior și forma III — cu punctul zero în sfertul de scală inferior.

Scanned with OKEN Scanner

În tabelul 2.10 sînt redate cîteva date constructive ale aparatelor de măsurare Millipneu.

Tabelul 2.10

Caracteristicile metrologice ale aparatelor pneumatice de măsurare Millipneu (RFG)

Amplificarea	Domeniul de măsurare recomandat, µm	Elementul de măsurare pentru ajutaj	Microtasterul Millipneu	Numărul	Scara gradată		
					Intervalul de măsurare, µm	Valoarea diviziunii µm	Distanța între diviziuni mm
125: 1	1 000	—	2 101	22 125	1 600	50	6
250: 1	500	—	2 101	22 250	800	20	5
500: 1	250	—	2 101	22 500	400	10	5
1000: 1	125	2 101	2 101	2 201	200	5	5
2000: 1	70	2 102	2 102	2 202	100	2	4
5000: 1	30	2 105	2 105	2 205	40	1	5
10000: 1	15	2 110	2 110	2 210	20	0,5	5

2.4. Factorii care influențează eroarea de măsurare cu aparate pneumatice

Principalii factori care intervin în procesul de măsurare cu aparate pneumatice, la măsurarea mărimilor geometrice, sînt următorii: curbura suprafeței piesei de măsurat; mărimea deplasării axei piesei față de duza de măsurare; rugozitatea suprafeței piesei de măsurat și a presiunii lichidului de răcire, la controlul activ pe mașini-unelte.

a) Influența curburii suprafeței piesei de măsurat asupra rezultatelor măsurării se poate pune în evidență astfel:

La controlul suprafețelor plane, suprafața circulară de trecere a aerului comprimat este dată de relația

$$A_p = \pi\, dz \tag{2.87}$$

în care d este diametrul duzei de măsurare iar z — mărimea interstițiului de aer dintre duza de măsurare și suprafața piesei de măsurat.

Pentru controlul suprafețelor cilindrice, suprafața secțiunii de trecere a aerului comprimat se poate determina cu relația:

$$A_c = \pi\, d\, z + A_s \tag{2.88}$$

în care A_s este mărirea suprafeței secțiunii de trecere, ca urmare a curburii suprafeței.

Scanned with OKEN Scanner

Calculul exact al mărimii A_c poate fi efectuat conform relației [14]

$$A_c = 2\pi Rr - 4Rr\int_0^{\pi/2}\sqrt{1-\frac{r^2}{R^2}\sin^2\varphi}\,d\varphi \qquad (2.89)$$

în care R reprezintă raza de curbură a suprafeței de măsurat iar r — raza duzei de măsurare, cu diametrul d.

Valoarea integralei $\int_0^{\pi/2}\sqrt{1-\frac{r^2}{R^2}\sin^2\varphi}\,d\varphi$, o integrală eliptică de ordinul doi, notată cu E pentru calculele ce urmează, este dată în tabele.

În acest caz (2.89) devine

$$A_c = D\,d\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \qquad (2.90)$$

La măsurarea suprafețelor cilindrice și pentru calculul secțiunii de trecere suplimentare a aerului comprimat, apare eroarea de măsurare dată de relația

$$\Delta z = \frac{D}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \qquad (2.91)$$

În situația cînd partea activă a aparatului pneumatic de măsurare este realizată pentru controlul pieselor cilindrice cu diametrul, D_c, iar piesa care se controlează are diametrul D_1, atunci expresia erorii de măsurare are forma

$$\Delta z = \frac{D_c}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} - E_c\right) - \frac{D_1}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \qquad (2.92)$$

Cînd $D_c = D_1$ atunci $\Delta z = 0$.

În vederea simplificării calculului de proiectare al aparatelor pneumatice de măsurare în fig. 2.31 sînt redate graficele dependenței erorii de măsurare Δz în funcție de diametrul D al piesei de controlat (cuprins între 5...500 mm) pentru duze de măsurare cu diametre de 1 ; 2 și 3 mm (dreptele înclinate continuu).

b) Un alt factor care influențează eroarea de măsurare la controlul suprafețelor prin metoda pneumatică (la controlul activ pe mașini-unelte) este datorat deplasării axei piesei de măsurat față de duza de măsurare, ca urmare a acțiunii forțelor care apar în procesul de așchiere.

Drept urmare a deplasării amintite, apare modificarea suprafeței de trecere a aerului comprimat, mărime ce este dată de relația

$$A_s = 2\pi Rr - Rr\int_0^{2\pi}\sqrt{1-\frac{(a+r\sin\varphi)^2}{R^2}}\,d\varphi \qquad (2.93)$$

Scanned with OKEN Scanner

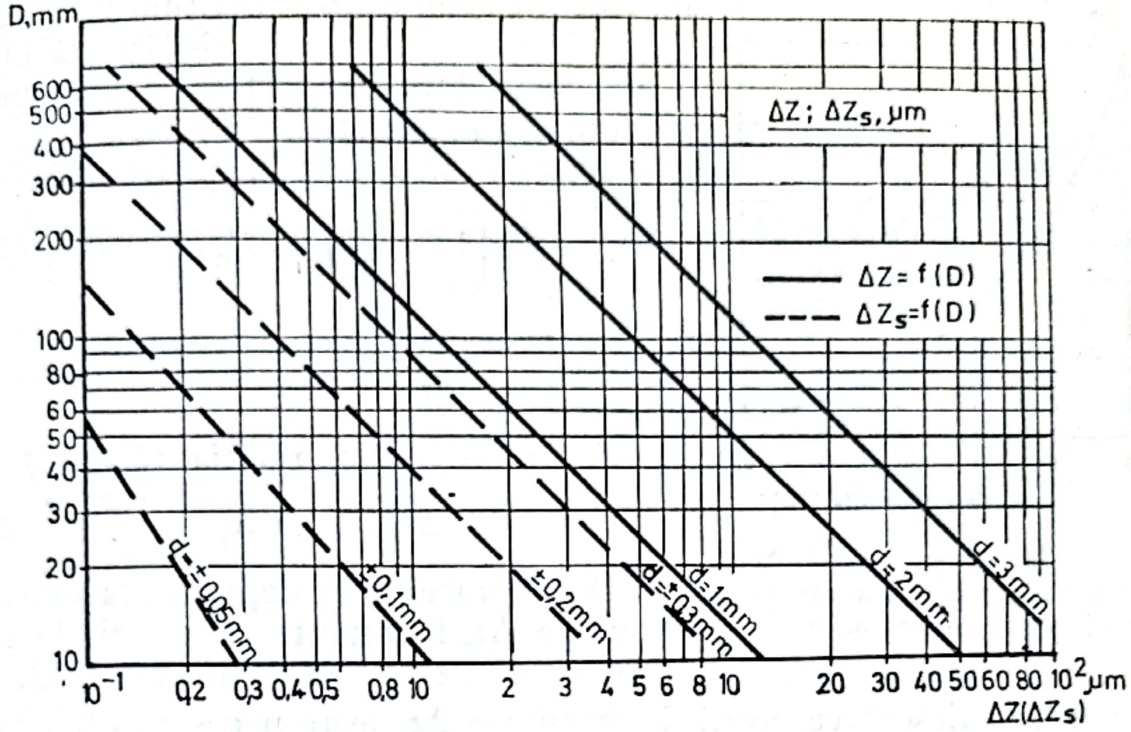


Fig. 2.31. Variația funcțiilor $z = f(D)$ și $z_s = f(D)$.

în care a reprezintă mărimea deplasării axei piesei de măsurat față de duza de măsurare.

Prin dezvoltarea în serie binomială a expresiei de sub radical (se neglijează termenii mai mari de rangul doi) și prin integrarea acestei expresii, relația (2.93) devine

$$A_s = \frac{\pi r}{2R}(2a^2 + r^2) \tag{2.94}$$

Mărimea erorii Δz_s în cazul deplasării axei piesei de măsurat în raport cu axa duzei de măsurare, depinde de mărimea suprafeței de ieșire (A_c) în condiții fără deplasarea axei și cu deplasare (A_s), fiind dată de relația:

$$\Delta z_s = \frac{1}{4R}(2a^2 + r^2) - \frac{D}{\pi}\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \tag{2.95}$$

Variația mărimii Δz_s în funcție de diametrul piesei de măsurat este reprezentată tot în fig. 2.31 (linie punctată), pentru cazul în care $a = \pm 0{,}05 \ldots \pm 0{,}3$ mm și $D = 15 \ldots 500$ mm.

c) La măsurarea prin metoda pneumatică a suprafețelor, influența rugozității acestora poate fi determinată prin relația generală

$$\Delta z_r = R_z - h_m \tag{2.96}$$

Scanned with OKEN Scanner

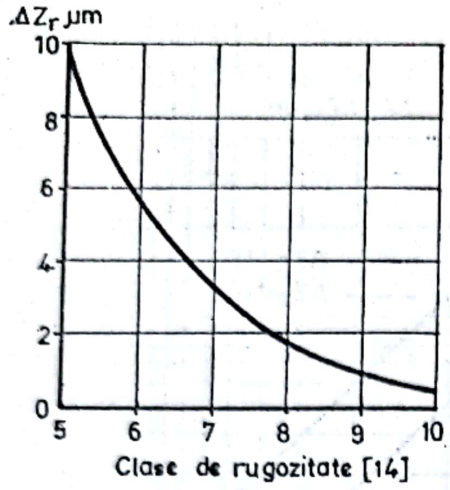


Fig. 2.32. Dependența erorii Δz_r în funcție de rugozitatea suprafeței pieselor de măsurat

în care R_z reprezintă înălțimea medie a neregularităților iar h_m — înălțimea medie a neregularităților raportată la linia medie a profilului suprafeței.

Relația (2.96) se poate scrie sub forma

$$\Delta z_r = R_z \left(1 - \frac{h_m}{R_z}\right) = R_z (1 - K) \quad (2.97)$$

în care $K = \frac{h_m}{R_z}$ este coeficientul de umplere.

Pentru $K = 0{,}5$, relația (2.97) devine

$$\Delta z_r = 0{,}5\ R_r \quad (2.98)$$

Din lucrarea [14], dependența erorii de măsurare Δz_r în funcție de diferitele clase de rugozitate este redată în fig. 2.32.

Pentru micșorarea erorii de măsurare Δz_r este necesară etalonarea aparatelor pneumatice de măsurare în funcție de diferitele clase de rugozitate ale pieselor de măsurat.

d) În urma cercetărilor experimentale s-a arătat că la presiuni de lucru ale lichidului de răcire sub valoarea de 1,5 daN/m², influența asupra erorii de măsurare cu aparate pneumatice este practic neînsemnată.

La presiuni de lucru egale cu 1,5 daN/cm², eroarea maximă de măsurare care se poate obține este de 0,3 µm, iar pentru presiuni de lucru situate în intervalul 1,5 ... 3 daN/cm², eroarea de măsurare nu depășește valoarea de 0,5 µm.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 3

Aparate de măsurare pentru controlul arborilor cilindrici netezi

3.1. Domeniul de utilizare

Pentru controlul arborilor cilindrici netezi pot fi utilizate cele mai diverse metode și aparate de măsurare. Amintim în primul rînd aparatele universale de măsurare, folosite în special în producția de unicate și în serie mică, iar uneori chiar în producția în serie mare și în masă, cînd se efectuează controlul prin sondaj și cînd se utilizează diferite metode de control operativ.

În cazul producției în serie și în masă controlul dimensiunilor pieselor joacă un rol determinant. Tehnica modernă a măsurărilor trebuie să stabilească nu numai dacă piesa prelucrată este bună sau rebut, ci să împiedice radical producerea de piese-rebut. Pentru atingerea acestui scop, trebuie introdus pe scară largă controlul dimensiunilor în timpul prelucrării. Controlul dimensiunilor la piesele în mișcare se poate face cu sau fără contact. Metoda de măsurare cu contact se utilizează în special pentru controlul pieselor cu suprafețe netede și prezintă o serie de dezavantaje: uzura palpatorului datorită frecării și faptul că vibrațiile piesei pot fi transmise în timpul prelucrării prin așchiere asupra părților constructive ale aparatului de măsurare.

Tehnica măsurărilor poate fi perfecționată prin dezvoltarea și utilizarea metodelor pneumatice de măsurare (fără contact). Folosirea aparatelor pneumatice de măsurare pentru controlul diametrelor exterioare mărește simțitor precizia de măsurare (pînă la 0,1 μm) și reduce prețul de cost al operației. Acest lucru se obține datorită simplității și sensibilității la precizie ridicată a acestor aparate.

3.2. Măsurarea arborilor cilindrici netezi

Pentru controlul diametrelor exterioare se folosesc calibre pneumatice, rigide sau reglabile, de diverse construcții etc.

Scanned with OKEN Scanner

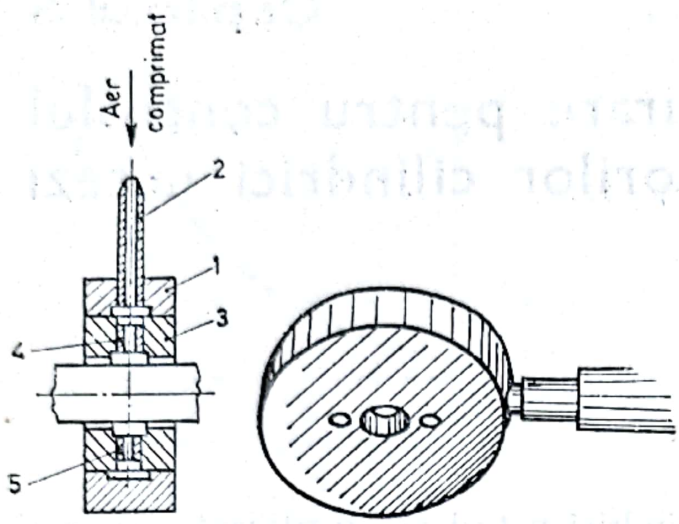


Fig. 3.1. Schema de măsurare a diametrelor exterioare cu ajutorul calibrelor pneumatice de măsurare.

Calibrele pneumatice rigide (fig. 3.1) se compun din inelul exterior *1*, la care se fixează racordul *2* și pe care se montează furtunul de alimentare cu aer de la instalația pneumatică de măsurare. În inelul exterior *1* se presează inelul interior *3*, în care se fixează în prealabil duzele de măsurare *4* și *5*. Aerul pătrunde prin degajarea inelară de la suprafața exterioară a inelului exterior și este evacuat prin degajarea interioară a inelului interior și în continuare prin alezajul din peretele lateral al inelului, ajungînd în atmosferă.

Dimensiunile constructive principale ale inelelor pneumatice pentru aparatele cu joasă presiune sînt prezentate în tabelul 3.1.

În funcție de mărimea erorilor de prelucrare precum și de procedeul de finisare aplicat la prelucrarea pieselor se fixează în inelul interior, opus unul altuia, două duze de măsurare (v. cap. 5, fig. 5.1, *a*), sau, dacă se verifică și forma circulară a piesei, se utilizează trei duze de măsurare așezate periferic (v. cap. 5, fig. 5.1, *b*).

Calibrele inel pneumatice se confecționează în general pentru controlul diametrelor mai mari de 10 mm. În cazul diametrelor mai mici de 10 mm, controlul se efectuează cu ajutorul aparatelor universale de măsurare.

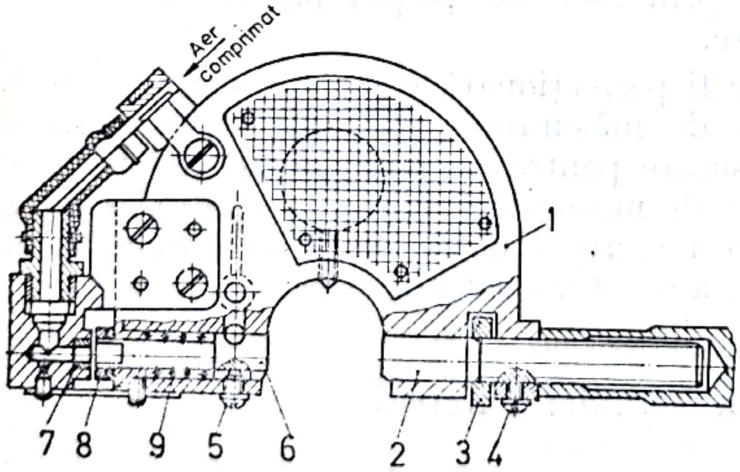


Fig. 3.2. Calibru potcoavă pneumatic construit pe principiul contactului cu piesa de măsurat.

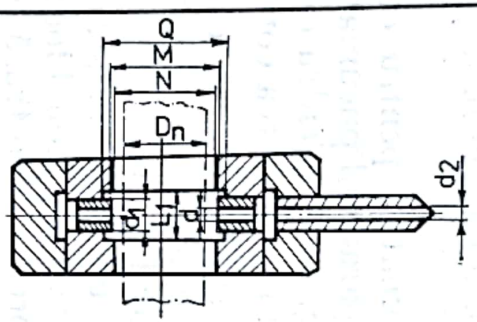
Calibrele pneumatice în formă de potcoavă au o aplicabilitate mai largă, decît calibrele inel pneumatice și se construiesc atît pe principiul măsurării cu contact, cît și fără contact.

În fig. 3.2 este reprezentat un calibru potcoavă pneumatic care funcțio-

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.1

Dimensiunile constructive ale inelelor pneumatice pentru aparatele pneumatice de măsurare cu joasă presiune



Duză de intrare	Limita de măsurare, mm	$d \pm 0{,}005$	$d_1 \pm 0{,}01$	$N - D_{nb} \pm 0{,}002$	$M - D_{nb} \pm 0{,}001$	$Q - D_{nb} \pm 0{,}001$	$L_1 = 0{,}2$	d_2	Sectorul de lucru al cadranului aparatului	Raportul de transmitere al aparatului
		în mm								
A	0,014	0,5	1,22	0,002	0,047	0,7	2,5	1	326—410	6 000
C	0,020	1,0	2,8	0,004	0,075	2,2	5	2	344—420	3 600
E	0,026	1,5	4,9	0,006	0,102	2,8	8	3	340—418	3 000
H	0,032	2,0	7,5	0,008	0,130	4,0	12	4	269—358	2 800
H	0,044	2,0	8,5	0,008	0,130	4,0	13	4	246—360	2 600
K	0,200	1,5	4,8	0,01	0,202	4,0	11	4,5	256—388	670
L	0,260	2,0	5,2	0,01	0,200	5,0	12	5	245—413	600

Scanned with OKEN Scanner

nează pe principiul contactului cu piesa de măsurat. În corpul potcoavei *1* se montează palpatorul deplasabil *2*, care se poate fixa în orice poziție cu ajutorul piuliței *3*, fiind protejat împotriva rotirii de către șurubul opritor *4*. Tija de măsurare *5*, cu palpatorul de măsurare *6*, se poate deplasa în limite restrînse. Al doilea capăt al palpatorului, cu duza *7*, asigură jocul *8*. Arcul *9* creează forța de măsurare la contactul palpatorului de măsurare *6* cu piesa de controlat. Deplasarea palpatorului *6* produce variația interstițiului *8*, ceea ce se înregistrează cu precizie ridicată de către aparatul pneumatic de măsurare. Reglarea și montarea aparatului se execută cu ajutorul calelor plan-paralele sau al calibrelor speciale. Pentru reglarea aparatelor pneumatice, în special în cazul determinării raportului de transmitere, pentru etalonarea cadranelor și pentru determinarea altor erori se folosește calibrul potcoavă pneumatic reprezentat în cap. 5, fig. 5.9. La acest calibru se montează duza de ieșire *1*, în locul palpatorului reglabil. Reglarea jocului de aer se face cu piulița *4*. Retragerea palpatorului de măsurare se face cu ajutorul șurubului *3* și al piuliței *2*.

În afara inelelor și potcoavelor pneumatice pentru controlul diametrelor exterioare se poate utiliza și comparatorul pneumatic (traductorul pneumatic) „Superjet" (v. cap.2, fig. 2.21). Pentru exemplificarea modului de lucru cu acest aparat se propune efectuarea controlului cotei $\varnothing\ 26^{+0,01}_{-0,03}$ mm și a formei geometrice a suprafeței, la care se referă această cotă, la axul filetat reprezentat în fig. 3.3.

În acest scop se vor folosi: traductorul pneumatic „Superjet", cu valoarea diviziunii de 1 μm (domeniul de măsurare pe scara aparatului fiind ±40 μm); filtrul și regulatorul de presiune, monobloc; traductorul de măsurare și suportul lui de susținere, precum și o trusă de cale plan-paralele. În vederea măsurării se racordează mai întîi instalația de control la rețeaua de aer comprimat, apoi se reglează aparatul la zero, după care se face măsurarea propriu-zisă.

a. Se deschid robinetele R_1 și R_2 ale instalației (fig. 3.4), inclusiv robinetele filtrului și regulatorului de presiune, slăbind la maximum

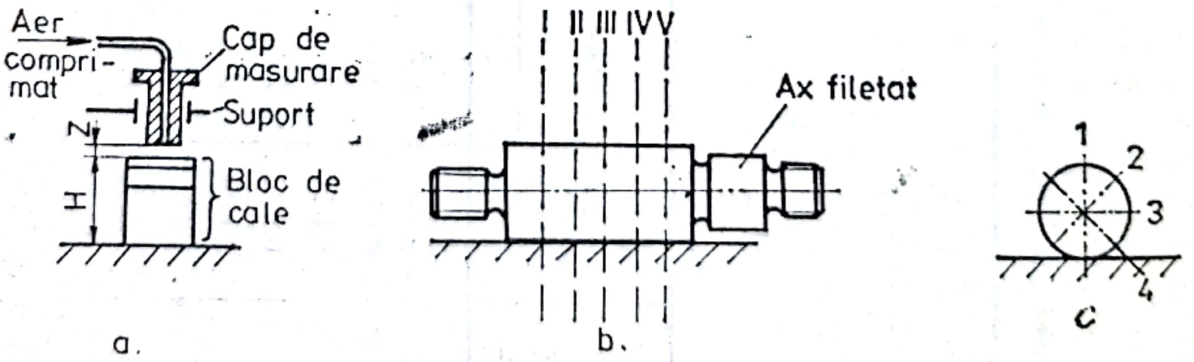


Fig. 3.3. Schema de măsurare a unui ax filetat cu traductor pneumatic „Superjet".

Scanned with OKEN Scanner

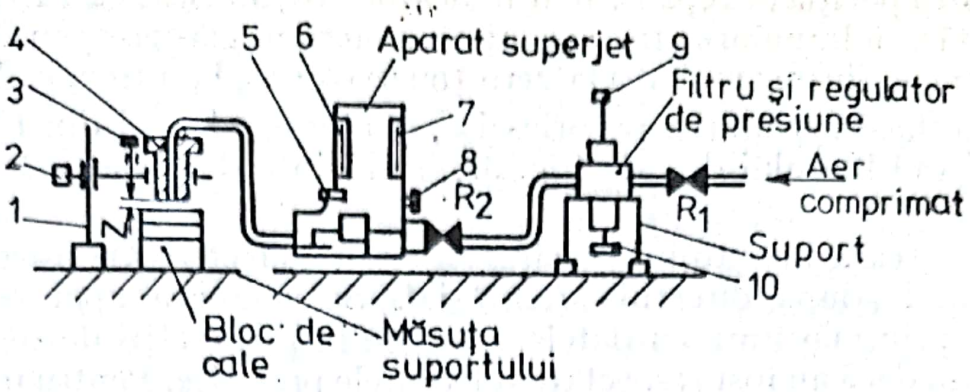


Fig. 3.4. Instalație de măsurare cu traductor pneumatic „Superjet".

rozeta *10*, și se lasă să treacă aerul prin tot ansamblul, maximum 1,5 minute, pentru curățirea conductelor și a instalației de impurități. După aceea robinetul *10* se închide.

b. Acționînd corespunzător rozeta *9*, se reglează presiunea aerului de alimentare a aparatului la o presiune de minimum 4,2 daN/cm², citită la manometrul *7*.

c. Se rotește rozeta *5*, de deplasare a ceasului comparator *6*, astfel încît acesta să fie la cap de cursă (să permită deplasarea ceasului comparator în ambele sensuri).

d. Se reglează aparatul la zero, folosind în acest scop cale plan-paralele sau piese etalon, ținîndu-se seama la reglare de dimensiunea efectivă a acestora.

În cazul folosirii calelor plan-paralele se formează un bloc de cale cu valoarea egală cu dimensiunea nominală prescrisă piesei de controlat ($N = 26$ mm) și se așază pe măsuța suportului (fig. 3.3 și fig. 3.4). După aceea se apropie traductorul de măsurare *4*, pentru a se obține interstițiul z, de mărime corespunzătoare măsurării, astfel încît acul indicator *6* al aparatului să facă cel puțin 0,5 dintr-o rotație completă. Apropierea se face întîi grosier, slăbind șurubul *2*, susținînd cu mîna partea mobilă a suportului, iar apoi fin, cu ajutorul șurubului micrometric *3* cu care este prevăzut suportul *1* (fig. 3.4), pînă la aducerea acului indicator pe cifra zero. Pentru reglarea foarte fină se acționează corespunzător rozeta *5*, astfel încît deplasarea acului indicator să se facă pe cît posibil în sens invers acelor de ceasornic.

Se blochează ceasul comparator, acționînd rozeta *8*. Pentru o ușoară necoincidență a acului indicator cu diviziunea zero, se poate roti ușor cadranul ceasului comparator în sensul dorit.

c. Se verifică fidelitatea reglării la zero prin scoaterea și introducerea din nou a blocului de cale în poziția inițială (poziția pentru care s-a făcut reglarea).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru poziția de repaos, acul indicator trebuie să se găsească în zona negradată a cadranului *6*. În caz contrar, se acționează corespunzător rozeta *5* și se face din nou reglarea la zero (nu se recurge la rotirea cadranului).

f. Se face măsurarea propriu-zisă, conform schemei din fig. 3.3, *b*. În locul blocului de cale (fig. 3.3, *a*) se introduce piesa de măsurat (fig. 3.3, *b*);

— Pe scara aparatului se citesc abaterile efective ale piesei, în secțiunile *I*... *V* după direcțiile *1*, *2*, *3* și *4*. Se compară apoi rezultatele obținute prin măsurare cu datele prescrise la parametrii de controlat și se constată dacă au fost respectate toleranțele prescrise. Pentru măsurarea diametrelor cu precizie ridicată, așa cum este cazul calibrelor tampon (precizia $\pm 0{,}125$ μm), s-a realizat instalația de măsurare reprezentată schematic în fig. 3.5. Calibrul tampon se compară cu un etalon de referință (cale plan-paralele). Două elemente de măsurare cu contact, sînt dispuse pentru a forma un compas. Fiecare dintre acestea cuprinde un palpator cu cap sferic *1* fixat de un arc lamă *2*, care este montată pe un bloc ce susține duza *3*. Blocul inferior este fixat de batiul mașinii, în timp ce blocul superior este montat pe coloana culisantă *4*. Mișcarea acestei coloane, de-a lungul axei sale verticale, asigură reglarea compasului pentru diferite diametre de calibru-tampon, ea putînd fi fixată în orice poziție dorită. Pentru reglarea fină, blocul poate fi deplasat pe o distanță relativ mică în raport cu coloana. Blocul de cale plan-paralele (etalonul de referință și calibrul-tampon de măsurare se reazemă pe căruciorul mobil *5* astfel ca fiecare să poată fi adus, la rîndul său, între palpatoare. Căruciorul se deplasează pe bile, care se rotesc în canale V lepuite, iar pentru a înlătura posibilitatea de eroare, datorită abateri de la mișcarea în linie dreaptă, într-un plan perpendicular cu axa de măsurare s-a prevăzut un reglaj cu ajutorul unui dispozitiv basculant (astfel încît orice deplasare, care se produce în timpul mișcării, poate fi restabilită).

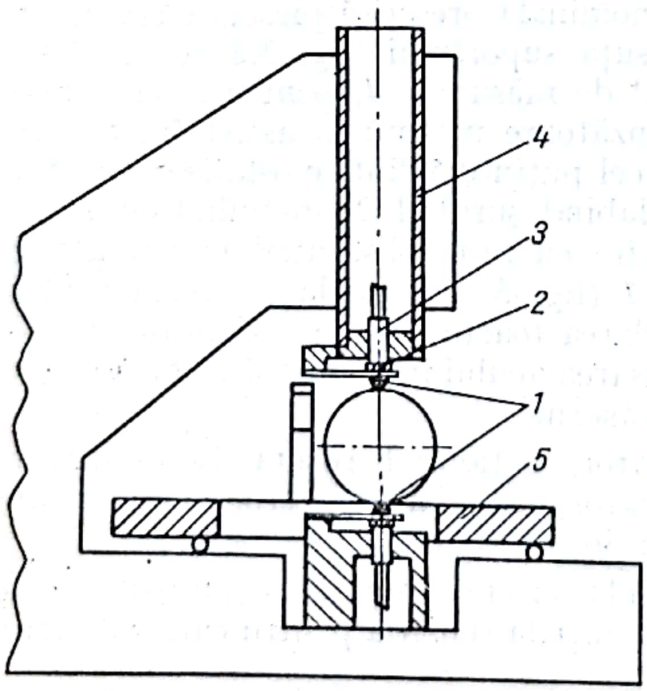


Fig. 3.5. Instalație pneumatică pentru măsurarea diametrelor exterioare ale calibrelor tampon.

Dacă cele două duze sînt legate la manometre independente, procedeul de măsurare a unui calibru-tampon este următorul: cînd

Scanned with OKEN Scanner

etalonul se află între palpatoare, se înregistrează X_{E1} citirea pe elementul inferior de măsurare și X_E citirea pe elementul de măsurare superior. Căruciorul se deplasează apoi pentru a aduce calibrul-tampon între palpatoare și se notează citirile maxime, adică citirile cînd palpatoarele vin în contact de-a lungul unui diametru. Fie X_{T1}, respectiv, X_{T2} aceste citiri cu condiția ca, dacă este necesar, căruciorul să fie reglat după deplasarea sa astfel încît X_{T1} să fie aproape egal cu X_{E1}. Atunci, dacă mărimea cunoscută a etalonului este E_1 mărimea tamponului T este dată de formula

$$T = E + (X_{T1} - X_{E1}) + (X_{T2} - X_{E2}) \qquad (3.1)$$

O dispunere corespunzătoare a circuitelor pneumatice poate reduce calculul necesar pentru a obține dimensiunea calibrului tampon, dispunerea propusă fiind ilustrată în fig. 3.6. Presiunile de la cele două duze legate în sensuri opuse se citesc la două manometre diferențiale identice. Manometrele sînt echilibrate cu ajutorul unui robinet pentru reglare fină *1*. Alte două robinete *2* și *3* sînt legate în paralel cu duzele de măsurare. Cînd se execută măsurarea, robinetele *2* și *3* sînt folosite pentru reglarea fină suplimentară a mărimilor $X_{E1} = X_{E2} = 0$. Cînd căruciorul se deplasează, reglarea grosieră se folosește pentru a regla X_{T1} aproximativ egal cu zero (cu aproximație de 1 μm), iar robinetul *1* servește în acest caz ca dispozitiv de reglare fină pentru a regla $X_{T1} = 0$. Corecția de compensare pentru X_{T2} fiind realizată automat. Deci, $T = E + X_{T2}$. Menționăm că teoretic, reglarea lui $X_{E1} = X_{E2} = 0$ poate fi executată și cu ajutorul dispozitivelor mecanice de reglare. Însă, pentru a realiza

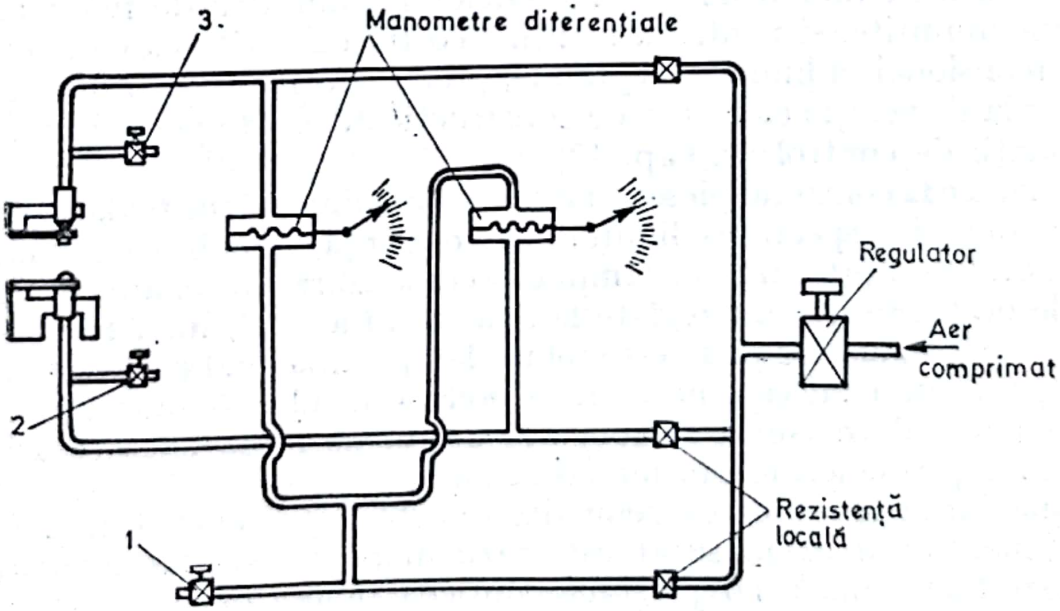


Fig. 3.6. Dispunerea circuitelor pneumatice pentru a obține dimensiunea calibrului etalon.

Scanned with OKEN Scanner

precizia de reglare necesară, dispozitivele mecanice de reglare ar trebui să fie foarte sensibile. Acest lucru se poate realiza încă cu ajutorul unor robinete pneumatice de construcție mult mai simplă. O caracteristică importantă a acestei instalații, și de fapt motivul cel mai important al construirii ei, este folosirea unor forțe de contact mici pentru a evita eroarea datorită unor deformări ale etalonului și ale calibrului tampon. În acest scop, au fost efectuate încercări asupra ansamblului palpator — duză, pentru a stabili dacă ele lucrează satisfăcător sub acțiunea unor forțe de contact de 0,01 daN, sau mai mici. S-a constatat că citirile pot fi reproduse cu o aproximație de $\pm 0{,}05$ μm, cu forțe de contact reduse pînă la 0,005 daN.

La verificarea unor piese mai complexe, la care trebuie controlate mai multe dimensiuni, cum este cazul arborilor în trepte, timpul de măsurare devine foarte mare în cazul în care dimensiunile ar fi controlate fiecare în parte. Pentru a reduce acest timp, se folosesc calibre de control care permit verificarea concomitentă a mai multor dimensiuni. Calibrele fixe pot indica la un loc de măsurare o singură dimensiune și anume dacă piesa este bună sau rebut. Aparatele mecanice sau optice de măsurare, ce pot fi utilizate în acest scop, necesită un spațiu mare și pot fi folosite numai pe distanțe mari în instalații de măsurare.

Traductoarele pneumatice de măsurare utilizate în acest scop sînt de obicei mici și se așază separat de aparatul indicator. Această proprietate a aparatelor pneumatice de măsurare devine deosebit de importantă pentru rezolvarea problemelor la care este necesar controlul unui număr mare de piese, dimensiuni și toleranțe.

Pentru a facilita utilizarea metodelor pneumatice de măsurare, în condițiile amintite, și pentru a menține costul dispozitivelor de control multidimensional în limite acceptabile, producătorii de aparate de măsurare pun la dispoziție elemente de construcție adecvate pentru montarea în instalații de control (v. cap. 12).

Deoarece la controlul piesei nu interesează dimensiune reală, ci se controlează numai respectarea limitelor de toleranță, vizualizarea măsurării se realizează cu ajutorul unor lămpi de semnalizare (roșie, albă și verde). Limitele de toleranță sînt reglate la aparat în așa fel, încît lampa roșie se aprinde în cazul cînd piesa este rebut, lampa albă cînd piesa este bună, iar lampa verde cînd este necesară o prelucrare ulterioară. După introducerea piesei de măsurat se constată destul de rapid dacă se aprinde una din lămpile colorate sau numai cea albă.

Conexiunea lămpilor de semnalizare este reprezentată în fig. 3.7. Dacă dimensiunea de măsurat este prea mare, atunci fanta dinaintea duzei este foarte mică, iar presiunea din cele două camere *1* și *2* a contactelor de comutare este mare, astfel încît ambele comutatoare sînt închise în poziția superioară. În acest caz, curentul trece prin lampa

Scanned with OKEN Scanner

superioară verde. În cazul cînd dimensiunea este corectă, presiunea este scăzută în camera *1*, iar comutatorul închide contactul inferior. Curentul va trece în acest caz prin cele două comutatoare și va aprinde lampa mijlocie, albă. În fine dacă dimensiunea este prea mică, atunci presiunea va scădea puternic în ambele camere *1* și *2*, iar comutatorul se va închide în poziție inferioară, aprinzînd lampa roșie. Forța de comutare este hotărîtoare pentru contactele de acționare care indică limitele toleranțelor; forța putînd fi reglată prin tensionarea prealabilă a arcului *3*. În locul semnalelor luminoase pot fi utilizate pentru indicare și semnalele acustice.

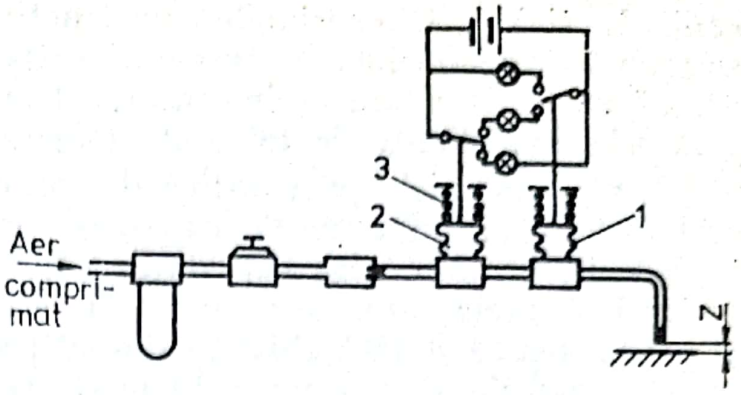


Fig. 3.7. Schema de comutare a unui aparat de măsurare cu semnalizare.

3.3. Măsurarea arborilor cilindrici în timpul prelucrării pe mașini-unelte

La prelucrarea de finisare a pieselor se caută ca cheltuielile de prelucrare să fie micșorate cît mai mult. Pe lîngă reducerea timpului efectiv de lucru al mașinii-unelte, prin folosirea unor scule aşchietoare adecvate și a vitezei mari de aşchiere, trebuie redus cît mai mult posibil și timpul auxiliar. O parte importantă a timpului auxiliar o reprezintă timpul pentru măsurarea piesei prelucrate. De aceea trebuie căutat ca acest timp să fie redus cît mai mult, fără a influența precizia sau fidelitatea măsurărilor.

O reducere însemnată a timpului de măsurare se poate obține în cazul în care piesa nu se scoate de pe mașina-unealtă în vederea măsurării, ci se verifică direct pe mașina-unealtă. Această posibilitate este oferită de aparate pneumatice de măsurare, deoarece aparatul indicator poate fi montat separat de traductorul de măsurare. În felul acesta traductorul de măsurare poate fi manipulat mult mai ușor la mașina-unealtă, în comparație cu aparatele de măsurare mecanice sau optice. Ca traductor de măsurare, pentru controlul arborilor, poate fi utilizat oricare din aparatele pneumatice de măsurare descrise în capitolele 1 și 2. Alături de acestea pot fi realizate și instalații speciale, deoarece montarea aparatelor pneumatice de măsurare este foarte simplă. Față de calibrele rigide, utilizarea aparatelor pneumatice de măsurare prezintă anumite avantaje. Astfel, calibrele care măsoară fără contact se uzează mult mai puțin decît

Scanned with OKEN Scanner

calibrele rigide. Dimensiunile constructive ale calibrelor pneumatice se realizează astfel încît calibrele să se poate deplasa liber peste piesa de măsurat. La aparatul indicator, toleranța piesei este materializată prin cele două limite de toleranță (superioară și inferioară).

Dintre metodele pneumatice de măsurare se preferă metodele de măsurare cu presiune înaltă, deoarece curentul de aer elimină impuritățile existente și curăță suprafața de măsurat. La o serie întreagă de operații de prelucrare, de exemplu la rectificarea arborilor este posibil ca măsurarea să se facă chiar în timpul prelucrării, prin folosirea metodelor pneumatice de măsurare. În acest caz, se elimină în totalitate timpii auxiliari folosiți pentru măsurarea piesei. În afară de aceasta, procedeul permite dirijarea imediată și corectă a procesului de lucru și în felul acesta eliminarea apariției rebuturilor și mărirea preciziei de prelucrare. Pentru controlul arborilor în timpul funcționării mașinii, au fost construite diferite traductoare pneumatice de măsurare care se pot racorda la aparatele pneumatice descrise în capitolele 1 și 2. Unul din cele mai moderne și productive dispozitive pentru controlul arborilor netezi este dispozitivul electropneumatic în formă de șa, reprezentat în fig. 3.8. Acest dispozitiv se compune din filtrul de aer *1*, ungătorul *2*, pompa de aer cu palete *3*, conducta *4*, regulatorul de presiune *5*, conducta *6*, comutatorul cu mercur *7* și capul de măsurare. Aerul atmosferic este aspirat de pompa cu palete *3*, prin filtrul *1* și ungătorul *2*, care au rolul de a curăța aerul de eventualele impurități (praful din atmosferă). Din pompa *3*, aerul pătrunde în regulatorul de presiune *5*, al cărui rol este de a asigura o presiune constantă aerului, care pătrunde în capul de măsurare. Din regulatorul de presiune *5*, aerul trece prin conducta *6*, de unde se separă în două direcții: spre comutatorul cu mercur *7* și spre capul de măsurare (prin tubul flexibil *8*).

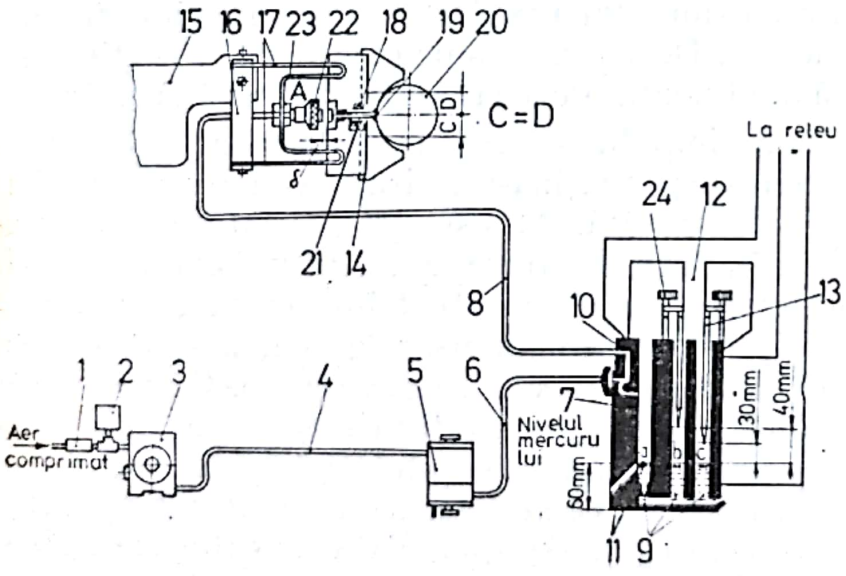


Fig. 3.8. Dispozitiv electropneumatic de măsurare în formă de șa pentru controlul arborilor.

Comutatorul cu mercur *7*, al cărui corp se execută din textolit, se montează pe batiul mașinii de rectificat. În corpul comutatorului se găsește rezervorul cu mercur *9*,

Scanned with OKEN Scanner

care se umple cu mercur prin orificiul *10*, închis cu un dop (orificiul *10* nu se află în planul figurii). În vasele comunicante *a*, *b* și *c* ale rezervorului *9*, mercurul se ridică la același nivel. În tubul *9a*, în care pătrunde aerul prin partea superioară, plutește bila de oțel *11*, iar în tuburile *9b* și *9c* se află contactele *12* și *13*, fixate la diverse înălțimi deasupra nivelului mercurului, în funcție de adaosul de prelucrare prevăzut pentru rectificarea de degroșare și de finisare a piesei. Capetele contactelor sînt încărcate cu platină.

Capul de măsurare este construit din următoarele părți: potcoava cu fălci *14*, care se reglează în funcție de dimensiunile piesei de măsurat și duza *A*, prin care aerul este eliminat. Potcoava *14* este fixată de consola *15* cu ajutorul piesei *16* și a arcurilor plate *17*. Aerul trece din tubul flexibil *8* în duza *A*, în fața căruia se găsește (la distanța *d*) tija de măsurare *18*, cu vîrful de diamant *19*, care vine în contact cu piesa de măsurat *20*. Tija de măsurare *18* este apăsată, pe piesa de prelucrat, de arcul *21*. Jocul *z*, dintre ajutajul *A* și tija *18*, se reglează cu ajutorul șurubului *22* și a arcului *23*. Dispozitivul funcționează astfel: la începutul măsurării aerul pătrunde din regulatorul de presiune *5* în comutatorul cu mercur *7*, de unde ajunge în capul de măsurare și iese în atmosferă prin spațiul dintre duza *A* și fața frontală a tijei de măsurare *18* (*d*). Pe măsură ce, prin rectificare, se îndepărtează adaos de prelucrare, potcoava cu fălci *14* pătrunde tot mai mult spre piesa de măsurat, iar tija de măsurare *18* se deplasează spre stînga reducînd spațiul *d*. Acest lucru face să crească presiunea în tubul *9a* al comutatorului cu mercur și ca rezultat, nivelul mercurului în tuburile *9b* și *9c* se ridică pînă cînd acesta închide contactul *12*. La închiderea contactului *12* are loc comutarea avansului de degroșare în avans de finisare. Cînd piesa atinge dimensiunea prescrisă, se închide comutatorul *13*, avansul se decuplează, după cum urmează operația de retragere. Poziția contactelor *12* și *13* se reglează cu ajutorul șuruburilor *24*.

După ce piesa prelucrată a fost scoasă de pe mașină și a fost așezat un nou semifabricat, presiunea aerului se egalează, iar nivelul mercurului din comutator revine la poziția inițială și mașina își reia ciclul de prelucrare. Mercurul din comutator trebuie să fie curat, de preferință distilat. Aerul care pătrunde în capul de măsurare trebuie să fie curat, iar racordările circuitului de aer să fie etanșe. Datorită preciziei mari de măsurare și, prin urmare preciziei ridicate de prelucrare ($\pm 3\mu m$), dispozitivul descris a căpătat o largă răspîndire la controlul arborilor cilindrici și conici pe mașini de rectificat rotund, precum și în industria de rulmenți, la controlul canalelor inelelor interioare ale rulmenților cu bile. Avantajele acestui dispozitiv sînt următoarele: durata mare de serviciu, simplitatea construcției, forța de măsurare mică și gabaritul

Scanned with OKEN Scanner

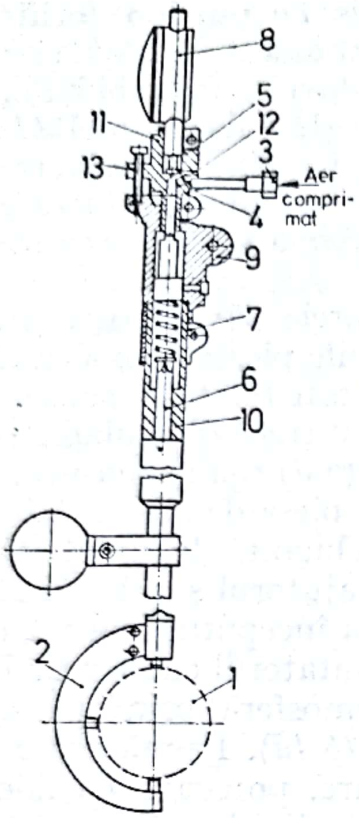


Fig. 3.9. Calibru potcoavă pneumatic de măsurare cu trei contacte.

redus. Dintre dezavantaje amintim: imposibilitatea de a observa vizual dimensiunea piesei, sistemul pneumatic este complicat, reglarea este dificilă și oferă posibilități limitate de măsurare (de la 12 mm la 50 mm).

În fig. 3.9 este reprezentat un dispozitiv pneumatic pentru controlul arborilor ce se montează la calibrul potcoavă obișnuit cu trei contacte *2*.

Aerul vine prin conducta *3* și pătrunde prin orificiul calibrat *4* sub supapa *5*. Pe măsură ce piesa se rectifică, adaosul de prelucrare și diametrul arborelui se micșorează, iar tija de măsurare *6* se apropie de piesă (sub acțiunea arcului *7*). În același timp coboară și supapa *5* care se sprijină pe vîrful comparatorului *8*. Odată cu aceasta se reduce necesarul de aer, care intră prin duza *4*, iar presiunea în comutatorul cu mercur crește, astfel încît se produce ridicarea celor două coloane cu mercur, care la început închid contactul pentru degroșare, iar după aceea pe cel de finisare.

Reglarea poziției supapei *5*, și prin urmare al consumului de aer, se execută grosier — prin deplasarea manuală a corpului dispozitivului *9* față de tija *10* și precis — prin deplasarea capului *11* cu duzele *4* și *12* (cu ajutorul șurubului *13*), față de corpul dispozitivului *9*. Duza *12* servește pentru eliminarea aerului care a lucrat, de sub supapa *5*. Supapa *5* este apăsată spre tija *6* a potcoavei de către arcul comparatorului *8*.

În fig. 3.10 este redată schema de principiu a instalației pentru controlul automat al arborilor cu diametre mari în timpul procesului de rectificare. Adaosul de prelucrare, prevăzut pentru rectificare, este de 0,6 mm.

Piesa de măsurat *1* se fixează prin intermediul articulațiilor *2* și *3* a pîrghiei *4* la carcasa discului de rectificare. Aerul comprimat trece prin separatorul de aer *5*, filtrul de curățire și gresare *6* și blocul de filtre cu stabilizator *7* și intră în duza de măsurare, semidepărtată *8*, după care iese în atmosferă prin interstițiul dintre duza de măsurare *9* și piesa de măsurat *1*. În funcție de mărimea interstițiului *z*, în camera inferioară a aparatului de măsurare se stabilește o anumită presiune, care reprezintă presiunea caracteristică a piesei de măsurat. Aerul, după ce trece prin filtrul cu stabilizator *7*, intră prin duza *11* în camera superioară a aparatului de măsurare și mai departe trece prin spațiul existent dintre duza

Scanned with OKEN Scanner

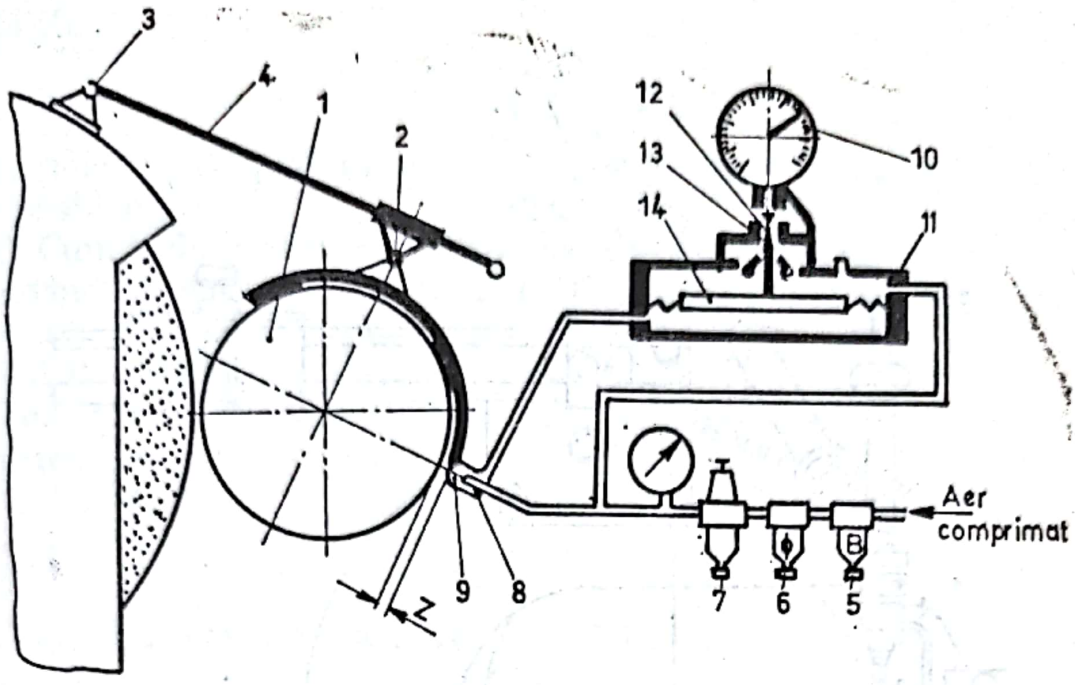


Fig. 3.10. Schema instalației pentru controlul automat al arborilor în timpul rectificării.

12 și acul conic *13* și iese în atmosferă. Cînd în cele două camere (inferioară și superioară) presiunile sînt egale, membrana *14* ocupă o anumită poziție. În cazul în care interstițiul *z*, se schimbă, în camera inferioară se modifică presiunea și ca urmare membrana se deplasează acționînd asupra acului conic *13*, iar deplasarea se citește la aparatul indicator *10*. Interstițiul de aer *z* este de 0,4 mm.

În fig. 3.11 este redată de asemenea schema unui dispozitiv pneumatic, pentru măsurarea continuă sau staționară a arborilor la rectificare. Dispozitivul se compune din brida oscilantă în formă de potcoavă *1*, pe care se montează traductorul de măsurare *2*, care este pus în legătură, prin tubul de cauciuc *3*, cu aparatul indicator. În partea opusă a traductorului de măsurare se găsește opritorul *4*. Sub un unghi de 45°, față de baza de măsurare fixă, se găsește un opritor reglabil *5*, care se reglează în așa fel încît acesta să se găsească la mijlocul piesei de măsurat. Suportul fiind oscilant poate fi deplasat (basculat) în sus, astfel încît să nu se împiedice schimbarea piesei. Deoarece suprafețele de măsurare se află în contact permanent cu piesa în timpul întregului proces de așchiere, suprafețele de contact se execută din material dur. Utilizarea unei singure duze la măsurarea pieselor cu secțiune circulară nu asigură însă realizarea unor măsurări precise. Cauza aceste situații este pe de o parte modificarea înălțimii vîrfurilor din cauza dilatației termice a dife-

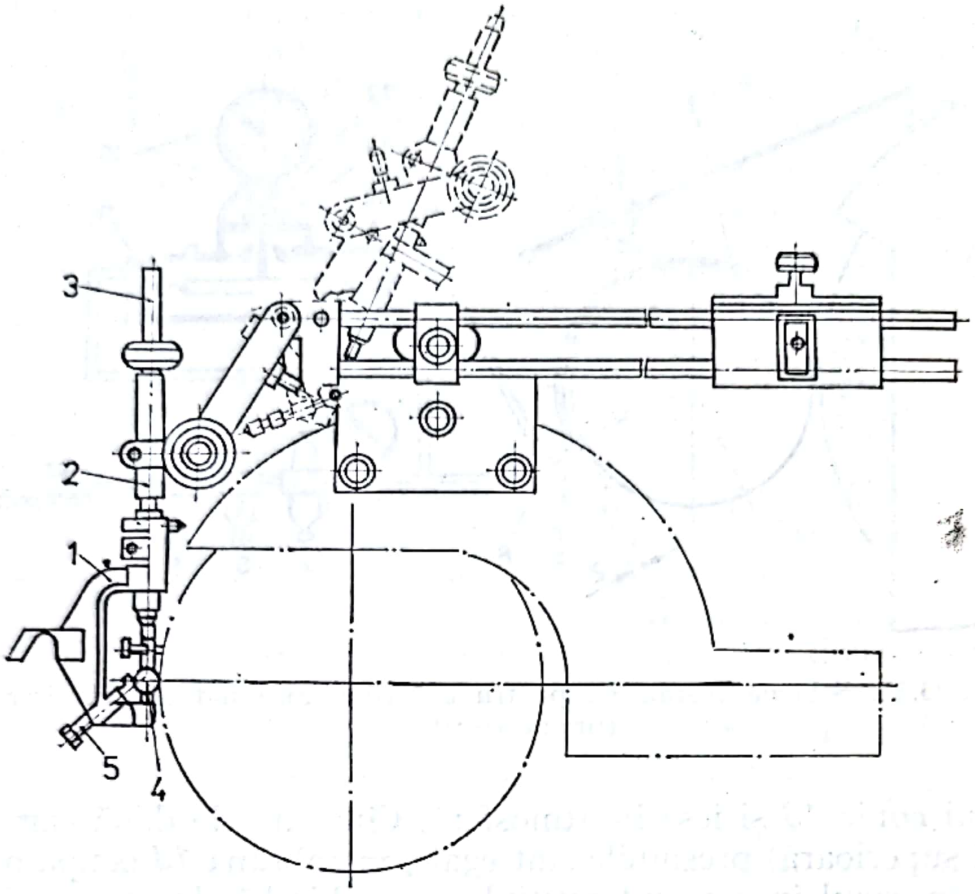


Fig. 3.11. Dispozitiv pneumatic pentru măsurarea arborilor la rectificare.

ritelor subansambluri ale mașinii, de care trebuie să se țină seama totdeauna. Cu cît încălzirea păpușii fixe este mai mare, în comparație cu temperatura mediului ambiant, după punerea în funcțiune a mașinii, cu atît acest efect este mai mare. El poate fi stabilit în majoritatea cazurilor numai experimental. Pe lîngă modificarea înălțimii vîrfurilor, care introduce erori, mai trebuie ținut seama și de influența forței principale de așchiere. Aceasta poate fi stabilită cu ajutorul formulei

$$F_z = C_F v^{0,7} \cdot s_l^{0,7} \cdot t^{0,6} \quad [\text{daN}], \tag{3.2}$$

în care: C_F este constant $C_F = 2 \ldots 2{,}2$;

v — viteza periferică a piesei, în m/min;

s_l — avansul longitudinal, în mm/rot;

t — adîncimea de așchiere, în mm.

Componenta radială a forței de așchiere F_y este mai mare decît componenta tangențială F_z (2...3 ori mai mare).

Scanned with OKEN Scanner

Componenta axială F_x este aproximativ egală cu 1/10 din componenta principală de așchiere F_z, astfel că poate fi neglijată la calculul rezultantei:

$$F = \sqrt{F_z^2 + F_y^2} \tag{3.3}$$

La măsurările pneumatice, în legătură cu forța de așchiere F, apar două probleme:

a) Cum trebuie să fie orientată duza de măsurare față de piesă, pentru ca încovoierea piesei provocată de forța F să dea eroare minimă la măsurare;

b) Cît de mare este eroarea datorită încovoierii.

Conform datelor menționate mai înainte, raportul dintre cele două componente este:

$$\frac{F_z}{F_y} = \frac{1}{3} \dots 1 \tag{3.4}$$

Unghiul de orientare arătat în fig. 3.12, poate avea deci următoarele valori:

$$\omega_{min} = \text{arc tg}\left(\frac{F_z}{F_y}\right)_{min} = \text{arc tg}\,\frac{1}{3} = 18°30' \tag{3.5}$$

$$\omega_{max} = \text{arc tg}\left(\frac{F_z}{F_y}\right)_{max} = \text{arc tg}\ 1 = 45° \tag{3.6}$$

Modificarea secțiunii de ieșire și a erorii provenite din aceasta va fi minimă atunci cînd duza de măsurare va avea o poziție unghiulară corespunzătoare. La adîncimi de așchiere mici, forța F_z are, față de F_y, o valoare mai mică, iar la adîncimi de așchiere mari, are o valoare mai mare. De aceea pentru prelucrarea de finisare se recomandă $\omega = 20°$, iar la degroșare $\omega = 40°$.

Deoarece în cazul producției de unicate sau de serie mică se execută atît degroșarea cît și finisarea pieselor din aceeași așezare și deoarece piesa capătă dimensiunile definitive în general prin finisare, este rațional să se aleagă unghiul $\omega = 25°$.

La duzele aplicate în acest fel, erorile de măsurare cauzate de încovoiere trebuie să fie determinate prin condiția ca punctul „e" al piesei, care este situat în centrul alezajului de măsurare, să fie deplasat în direcția liniei de contact pînă în punctul „e", adică cu valoarea b corespunzătoare încovoierii produse (fig. 3.13). Relația dintre încovoiere și

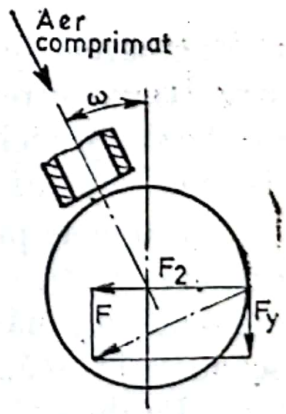


Fig. 3.12. Determinarea unghiului de orientare a duzei față de piesă.

Scanned with OKEN Scanner

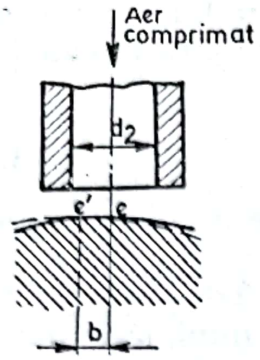


Fig. 3.13. Deplasarea punctului e al piesei situat în centrul duzei cu valoarea corespunzătoare încovoierii produse.

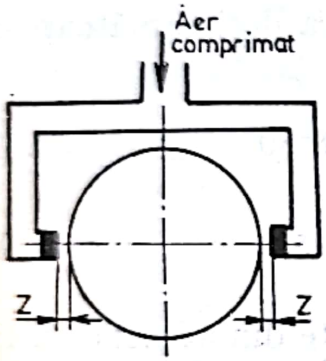


Fig. 3.14. Traductorul de măsurare cu două duze.

eroarea de măsurare produsă E_1 este dată de relația empirică

$$E_1 = (1{,}3 + 0{,}6\, d_2 - 0{,}5\, d_2^2) \left(\frac{306}{D^{0,6}} - 7\right) b \cdot \log^2 D - \\ - 2{,}5 \log D + 3\ [\mu\text{m}], \qquad (3.7)$$

în care valorile pentru b, d_2 și D sînt exprimate în milimetri.

Dacă în vederea unei mai ușoare prinderi și desprinderi a piesei, duza de măsurare se reglează la unghiul $\omega = 0$, atunci în (3.7), în locul deplasării b, trebuie introdusă componenta $b_1 = b \cos \omega$, în timp ce cealaltă componentă $b_2 = b \sin \omega$ cauzează la măsurarea cu o singură duză o eroare $\Delta E_1 = b_2$ care poate fi neglijată. Erorile de măsurare menționate devin mult mai mici, dacă se utilizează un traductor de măsurare cu două duze (fig. 3.14).

Cînd se schimbă piesele pe mașina-unealtă, traductorul de măsurare trebuie să fie îndepărtat din zona piesei. În cazul traductorului de măsurare cu două duze imprecizia de așezare a traductorului nu influențează măsurările într-o măsură atît de mare ca în cazul traductoarelor de măsurare cu o singură duză, deoarece dacă există o eventuală excentricitate pe una din părți, fanta de aer se micșorează într-o parte cu o valoare egală cu cea cu care se mărește în cealaltă parte; la traductoarele de măsurare bine dimensionate are loc atunci o compensare. Încovoierea piesei perpendicular pe axa duzei de măsurare se manifestă și aici; trebuie luate însă în calcul valori duble ale erorilor decît cele menționate mai înainte.

Sistemele pneumatice de măsurare sînt în general inerțiale și au un domeniu restrîns de măsurare (de aproximativ 120 μm). Extinderea domeniului de măsurare, fără a utiliza însă dispozitive speciale, duce la scăderea bruscă a sensibilității aparatului și la creșterea erorilor de măsurare. Pe de altă parte, în cazul rectificării suprafețelor, adaosul de prelucrare reprezintă 300...500 μm, iar în unele cazuri chiar mai mult. Sistemul pneumatic descris în cele ce urmează permite lărgirea limitelor domeniului de măsurare cu asigurarea sensibilității corespunzătoare.

Scanned with OKEN Scanner

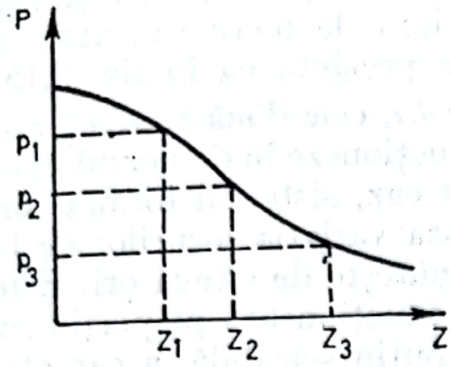


Fig. 3.15. Curba de variație a presiunii de măsurare în funcție de variația jocului în fața duzei de măsurare.

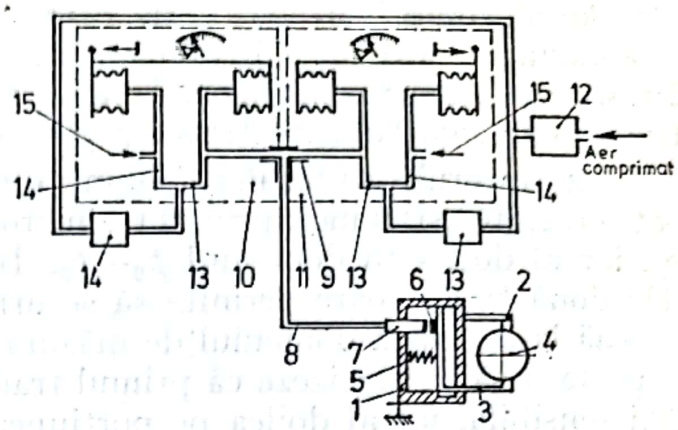


Fig. 3.16. Dispozitiv pneumatic pentru controlul activ la rectificarea prin pătrundere (cu limită lărgită de măsurare).

Principiul de bază a acestui sistem, constă în folosirea mult mai judicioasă a caracteristicilor sistemului „duză clapetă".

După cum se știe curba de variație a presiunii de măsurare p în funcție de variația jocului, în fața duzei de măsurare din sistemele pneumatice, bazate pe măsurarea presiunilor, are forma arătată în fig. 3.15.

În cazul traductoarelor pneumatice de măsurare ce fac parte din această clasă există elemente sensibile și anume, tuburi armonică sau membrane care limitează variația presiunii de măsurare. De aceea, fiecare tip de traductor poate funcționa numai între limitele unei anumite diferențe de presiune $x = p_1 - p_2 = p_2 - p_3$ etc. În funcție de alegerea caracteristicii, se poate obține limita de măsurare $z_2 - z_1$ sau $z_3 - z_2$ etc. În primul caz se obține o sensibilitate mai mare și o limită de măsurare mai mică, iar în al doilea caz situația va fi inversă. Întrucît sensibilitatea constituie în general factorul de limitare, este necesar să se aleagă prima variantă cu limita de măsurare mai mică.

În fig. 3.16 este reprezentată schema de principiu a dispozitivului pneumatic pentru controlul activ la rectificarea prin pătrundere a arborilor (cu domeniu de măsurare extins).

Calibrul potcoavă pneumatic *1*, cu două contacte, este fixat la mecanismul de acționare (care nu se vede în figură) pe batiul mașinii-unelte, iar pîrghia fixă *2*, a cărei poziție se reglează în funcție de diametrul piesei de măsurat, se prinde pe capul *1* al potcoavei. Pîrghia mobilă *3* (pîrghia de măsurare) este presată pe suprafața piesei de măsurat *4*, prin intermediul arcului *5*. Pe brațul vertical al pîrghiei se află suprafața *6* amplasată în dreptul extremității duzei de măsurare *7*. Duza *7*, prin intermediul furtunului *8* și cornierului *9*, este legat la cele două traductoare pneumatice cu scările *10* și *11*.

Scanned with OKEN Scanner

Aerul comprimat pătrunde prin distribuitorul de presiune *12* la cele două blocuri ale filtrului cu stabilizatoare de presiune *13* și *14*. În sistemul descris mai sus, la aceleași presiuni de lucru din ambele traductoare, curba caracteristică $p = \Phi(z)$ se prezintă ca în fig. 3.15.

Cu ajutorul șuruburilor de contrapresiune *15*, cele două traductoare pot fi reglate astfel încît primul traductor să funcționeze în domeniul p_1—p_2, iar al doilea în domeniul p_2—p_3. În acest caz, sistemul format din cele două traductoare permite să se urmărească variația jocurilor de la z_3 pînă la z_1, adică domeniul de măsurare se mărește de cîteva ori. Este important să se precizeze că primul traductor funcționează pe porțiunea mai sensibilă, iar al doilea pe porțiunea mai puțin sensibilă, a caracteristicii de funcționare. Această situație este deosebit de avantajoasă în cazul controlului activ, deoarece în primele etape ale ciclului de prelucrare nu este necesară o sensibilitate ridicată a sistemului. În etapa finală a ciclului este necesară o sensibilitate mai mare. Cercetările efectuate au arătat că există posibilitatea de a modifica caracteristicile $p = \Phi(z)$ între limite destul de largi prin alegerea diferitelor combinații între diametrele duzelor de intrare și presiunile de lucru ale traductoarelor. Particularitatea distinctivă a acestei scheme, în comparație cu sistemul avînd un singur traductor, constă în posibilitatea funcționării a două traductoare la diferite presiuni de lucru. În acest caz se pot obține caracteristici $p = \Phi(z)$ noi din punct de vedere calitativ. Dacă, de exemplu, un traductor funcționează la presiunea ridicată p_1 cu duza de intrare avînd diametrul d_1, iar al doilea traductor — la presiune joasă p_2 — cu duza de intrare avînd diametrul d_2 (unde $d_2 < d_1$), caracteristica $p = \Phi(z)$ corespunde la început cazului de funcționare a sistemului pneumatic la o anumită presiune echivalentă p_{ech} și la diametrul duzei de intrare d_1. Atunci cînd presiunea p se apropie de valoarea p_2, caracteristica sistemului se modifică lin și se transformă într-o curbă corespunzătoare funcționării la presiunea echivalentă p_{ech} și la un anumit diametru echivalent al duzei d_{ech}.

Analizînd schema de calcul reprezentată în fig. 3.17, rezultă că debitul prin duza de măsurare trebuie să fie egal cu suma debitelor prin cele două duze de intrare.

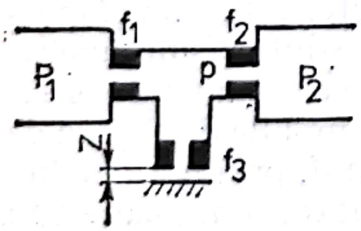


Fig. 3.17. Schema de calcul a debitelor prin duze.

Prin urmare, trebuie să fie îndeplinită condiția

$$\mu_1 \cdot \rho_p \cdot v_1 \cdot f_1 + \mu_2 \rho_p \cdot v_2 f_2 = \mu_3 \cdot \rho_a v_3 \cdot f_3 \qquad (3.8)$$

în care: μ_1, μ_2, μ_3 sînt coeficienții de debit ale duzelor de intrare și de măsurare;

ρ_p, ρ_a — densitățile medii ale curentului de aer la ieșirea duzelor;

Scanned with OKEN Scanner

f_1, f_2 — ariile secțiunii transversale a părții (înguste) străbătută de fluid ale duzelor de intrare;

f_3 — aria jocului inelar care determină debitul de aer prin duza de măsurare.

Se știe că viteza de scurgere a aerului printr-o duză este dată de relația

$$v = \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{P_i}{\rho_i} \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_i} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right]} \tag{3.9}$$

în care: γ este indicatorul privind procesul adiabatic;

P_i, P_e — presiunea absolută, la intrarea și la ieșirea din duză;

ρ_i — densitatea aerului la intrarea în duză.

Rezolvarea simplificată a ecuației 3.8, prin dezvoltarea în serie, conduce la următorul rezultat:

$$v = K \sqrt{\frac{2(P_i - P_e)}{\rho_i}} \tag{3.10}$$

unde

$$K = \frac{2}{\sqrt{\frac{\lambda_\beta}{2(\gamma + 1)}}} \tag{3.11}$$

λ_β fiind coeficientul adimensional al vitezei.

Plecînd de la această soluție simplificată, relația (3.8) poate fi scrisă sub forma

$$\mu_1 \rho_p f_1 R_1 \sqrt{\frac{2(P_1 - p)}{\rho_1}} + \mu_2 \rho_2 f_2 R_2 \sqrt{\frac{2(P_2 - p)}{\rho_2}} = \mu_3 \rho_a f_3 K_3 \sqrt{\frac{2(p - p_a)}{\rho_p}} \tag{3.12}$$

unde: P_1 P_2 sînt presiunile absolute în fața duzelor de intrare;

ρ_1 ρ_2 — densitățile aerului la aceste presiuni;

p, ρ_p — valorile absolute ale presiunii și densității aerului în fața duzei de măsurare;

p_a — presiunea atmosferică.

Scanned with OKEN Scanner

Trecînd de la valorile absolute ale presiunilor la presiunea excedentară și ținînd seama de corelațiile dintre coeficienții de debit (apropiați de unitate), expresia (3.12) poate fi simplificată sub forma

$$k_1 f_1 \sqrt{\frac{p'_2 - p'}{\rho_1}} + k_2 f_2 \sqrt{\frac{P'_2 - 'p'}{\rho_2}} = k_3 \frac{\rho_a f_3}{p} \sqrt{\frac{p'}{\rho_p}} \qquad (3.13)$$

unde P'_1, P'_2 p' sînt valorile excedentare ale presiunilor.

Se va examina funcționarea sistemului în cazul următor: $P'_1 = P'_2 = P'$. Este evident că $k_1 = k_2 = k$, iar expresia (3.13) devine:

$$k_1(f_1 + f_2) \sqrt{\frac{P' - p'}{\rho_p}} = k_3 \frac{\rho_a}{\rho_p} f_3 \sqrt{\frac{p'}{\rho_p}} \qquad (3.14)$$

De aici rezultă relația căutată:

$$p' = \frac{P'}{1 + \left(\frac{k_3}{k}\right)^2 \cdot \left(\frac{\rho_a^2 \rho_p}{\rho_p^3}\right) \cdot \left(\frac{f_3}{f_1 + f_2}\right)^2} \qquad (3.15)$$

La diametrele duzelor de intrare d_1 și d_2 și la diametrul duzei de măsurare d_m, rezultă

$$f_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}; \quad f_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}; \quad f_3 = \pi \cdot d_m \cdot z$$

unde z este jocul de măsurare. Atunci expresia (3.15) devine

$$p' = \frac{P'}{1 + 16\, k_\omega \cdot k_\rho \frac{d_m^2 \cdot z^2}{(d_1^2 + d_2^2)^2}} \qquad (3.16)$$

unde $k_\omega = \left(\frac{k_3}{k}\right)^2$ este un coeficient adimensional prin care se ține seama de variația vitezelor iar $k_\rho = \left(\frac{\rho_a \cdot \rho_H}{\rho^3}\right)$ — un coeficient adimensional prin care se ține seama de variația debitului de aer datorită compresibilității acestuia.

După cum se observă din relația (3.17), noul sistem cu două duze de intrare are aceeași comportare, ca și un sistem obișnuit cu o singură duză echivalentă, avînd diametrul d_{ech}, unde:

$$d_{ech} = \sqrt{d_1^2 + d_2^2} \qquad (3.17)$$

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza calculelor efectuate au fost stabilite următoarele valori: $d_{ech} = 1{,}4$ mm; $P'_{ech} = 1{,}45 \cdot 10^5$ N/m².

Astfel, rezultă că noul sistem permite să se obțină sensibilitatea necesară în întregul domeniu al jocurilor și înlătură unul dintre neajunsurile principale ale sistemului „duză-clapetă".

Un alt caz des întîlnit în practica uzinală este măsurarea fără contact prin procedeul pneumatic al dimensiunilor unor piese cu suprafețe discontinue (fig. 3.18), în procesul de control activ, pe mașini de rectificat [14].

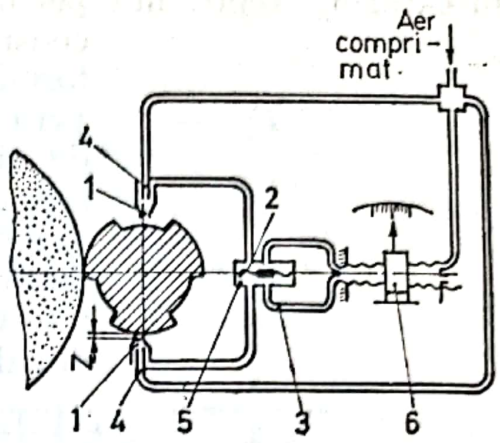


Fig. 3.18. Schema funcțională a aparatului pneumatic pentru controlul activ al suprafețelor cilindrice discontinue pe mașina de rectificat.

Duzele de măsurare *1* au posibilitatea de reglare în raport cu suprafața piesei de măsurat și sînt în legătură cu camerele *2* ale aparatului pneumatic de măsurare.

Aerul comprimat la o presiune constantă de 1,5...2 daN/cm² este adus în zona de lucru prin duzele de intrare *4* și trece în atmosferă prin interstițiul inelar *z*, dintre duza de măsurare și suprafața piesei de măsurat.

Datorită variației dimensiunii piesei, mărimea interstițiului *z* se schimbă, ceea ce conduce la variația presiunii de măsurare, în camerele *2* ale aparatului pneumatic cu membrană.

În cazul cînd ambele duze se află în fața suprafeței piesei controlate, presiunea din ambele camere *2* va fi egală cînd $z_1 = z_2$, iar membrana *5* se va găsi în poziția mijlocie, de echilibru. Aerul sub presiune ajunge prin duzele *3* la aparatul indicator cu silfon *6*.

În timpul procesului de măsurare, cînd una dintre duze ajunge în dreptul canelurii suprafeței controlate, presiunea scade în camera *2* (corespunzătoare canelurii), iar membrana *5* obturează duza *3*, ceea ce conduce la decuplarea automată a aparatului indicator *6*.

Deoarece, prin construcția acestui dispozitiv, indiferent de poziția piesei, una dintre duzele de măsurare se găsește tot timpul deasupra suprafeței rectificate, rezultă că aparatul indicator *6* va controla tot timpul dimensiunea piesei ce se prelucrează.

Eroarea de măsurare (Δp_m) dată de acest aparat pneumatic se determină cu ajutorul valorii medii aritmetice a variațiilor presiunii de măsurare, conform relației

$$\Delta p_m = -\frac{\delta p}{2} \cdot \frac{T_k}{T_p} \qquad (3.18)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: δp reprezintă perturbația presiunii de măsurare și poate fi considerată ca o succesiune a unor impulsuri de formă dreptunghiulară;

T_p — perioada impulsului dreptunghiular determinat de viteza de deplasare a suprafeței măsurate, adică perioada în care canelura piesei ajunge în dreptul duzei de măsurare;

T_k — durata impulsului dreptunghiular și reprezintă intervalul de timp în care membrana *5* închide una dintre duzele *3* (fig. 3.18).

3.4. Controlul și sortarea arborilor cilindrici netezi

Dacă pentru controlul pieselor simple sau complexe se folosesc aparate cu semnalizare, controlul poate fi ușor mecanizat sau chiar automatizat. Deoarece aparatele cu semnalizare lucrează cu contacte de comutare care conectează și deconectează lămpile de semnalizare, aceste contacte de comutare pot fi folosite și pentru comanda operațiilor de comutare în timpul controlului. Așa de exemplu, contactele de comutare pot fi folosite la sortarea pieselor în trei grupe și anume: rebuturi, piese bune și piese ce se vor prelucra ulterior (fig. 3.19).

Pentru automatizarea procesului de măsurare trebuie prevăzută aducerea și evacuarea pieselor din fața traductorului de măsurare, așa cum este cazul la operațiile automatizate.

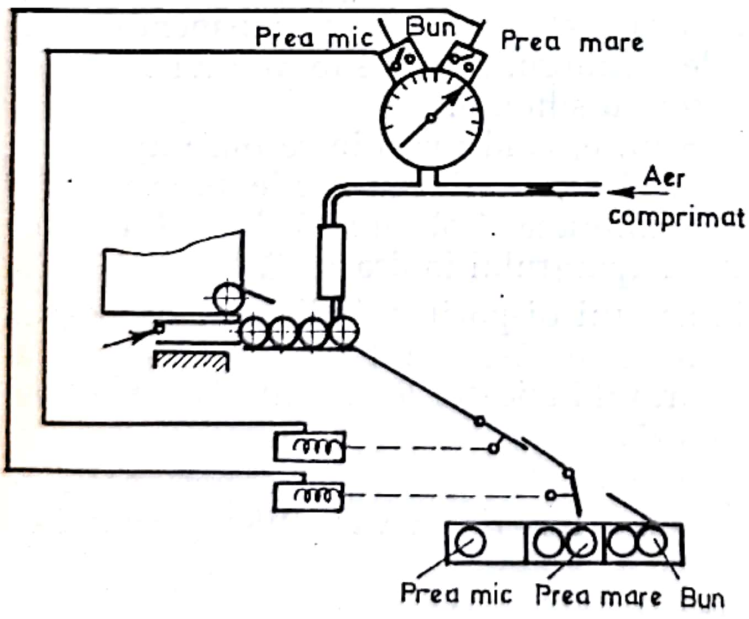


Fig. 3.19. Schema unui automat de sortare.

Un alt exemplu de mecanizare a controlului este sortarea pieselor de revoluție după grupe de diametre. În cazul pieselor mici, pentru a realiza o automatizare economică, se vor folosi, la un aparat indicator, un număr suficient de contacte de comutare *1*, care aprind într-o cutie de semnalizare, prevăzută cu un număr corespunzător de lămpi *2*, lampa respectivă (fig. 3.20). Contactele sînt reglate în așa fel încît distanța dintre operațiile de comutare să corespundă

Scanned with OKEN Scanner

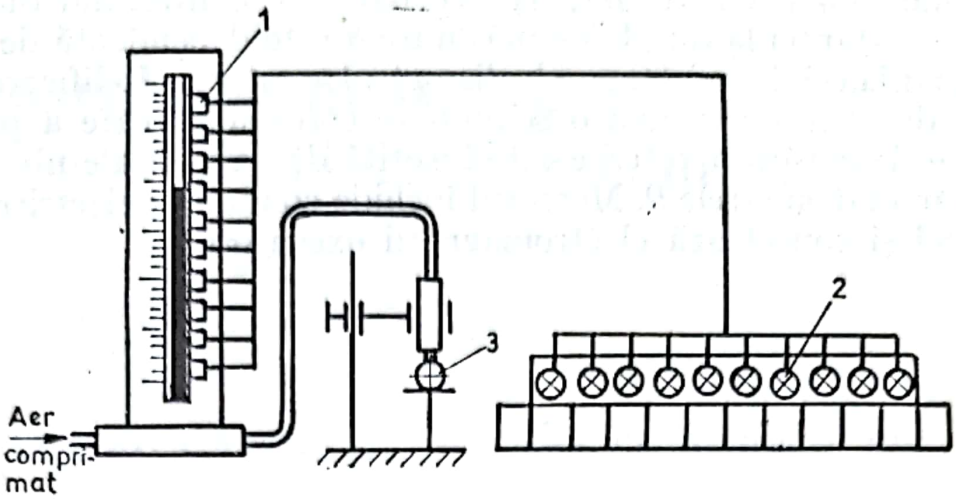


Fig. 3.20. Sortarea pieselor de rotație după grupe de diametre.

unei grupe de diametre. După operația de control, operatorul depune fiecare piesă *3* în cutia în care s-a aprins lampa de semnalizare.

În fig. 3.21 este reprezentată schema unui automat cu traductoare pneumatice cu contacte electrice pentru sortarea rolelor (după înălțime și diametru), Rolele *1* se sortează de către automat în 16 grupe de dimensiuni și trei categorii de rebuturi. Productivitatea automatului este de aproximativ 2.000 bucăți pe oră.

Aerul trece prin filtrul *2* și stabilizatorul de presiune *3*, prin duzele *4*. și ajunge în cele două camere de contrapresiune *5* și de măsurare *6*. Camerele de contrapresiune comunică cu atmosfera prin robinetele *7*. Din camerele de măsurare aerul iese prin duzele de măsurare *8*. Astfel automatul are 2 sisteme diferențiale independente, unul fiind destinat

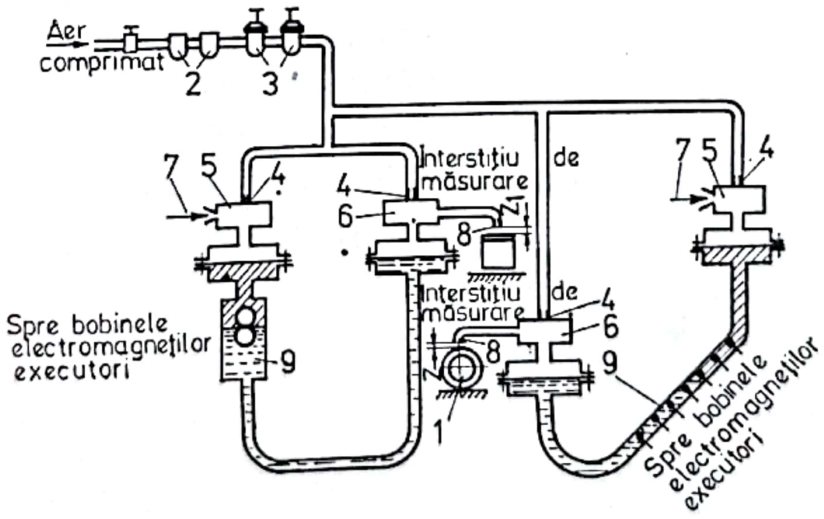
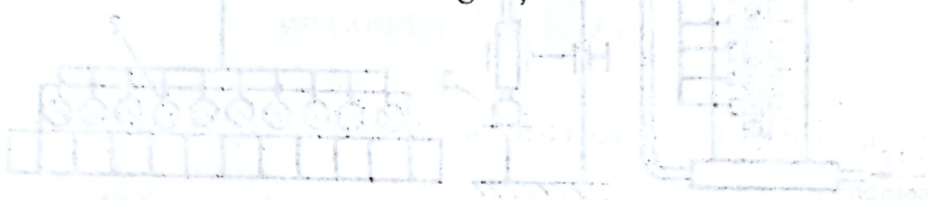


Fig. 3.21. Schema dispozitivului cu traductoare pneumatice și contacte electrice pentru sortarea releelor.

Scanned with OKEN Scanner

controlului înălțimii rolelor, iar celălalt — controlului diametrului; valoarea distanței la duzele de măsurare *8* este dependentă de înălțimea rolelor, iar la celălalt sistem— de diametrul acestora. Modificarea mărimii acestor distanțe determină o schimbare corespunzătoare a presiunii în camerele de măsurare *6*, care este însoțită de variații ale nivelului mercurului în manometrele *9*. Mercurul închide contactele electrice ce se află sub nivel și conectează electromagneții executori.



Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 4

Aparate de măsurare pentru controlul alezajelor cilindrice netede

4.1. Măsurarea alezajelor cilindrice cu diametre mici

La măsurarea alezajelor cu diametre mai mici de 4 mm apar probleme deosebite la poziționarea traductorului și a alegerii mărimii acestuia (dimensiunile constructive au valori reduse).

Prin luarea în considerație a factorilor menționați, aplicarea metodelor pneumatice de măsurare este limitată la valori ale diametrelor alezajelor mai mari de 0,5 mm. De asemenea, la un raport de amplificare de 5 000: 1, timpul de reglare al aparatului este cuprins între 10...20 secunde.

Influența lungimii alezajului se poate determina matematic, astfel:

În ipoteza incompresibilității aerului la scurgerea laminară în duza de măsurare M (fig. 4.1) se poate aplica relația presiunii diferențiale:

$$P_M = P_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \tag{4.1}$$

în care: P_s este presiunea de alimentare;

P_M — presiunea măsurată;

R_1 — rezistența duzei de măsurare;

R_2 — rezistența duzei de măsurare.

Valoarea lui R_2 este dată de relația

$$R_2 = \alpha \frac{l}{d^4} \tag{4.2}$$

în care α este constantă; l este lungimea alezajului de măsurat iar d — diametrul alezajului de măsurat.

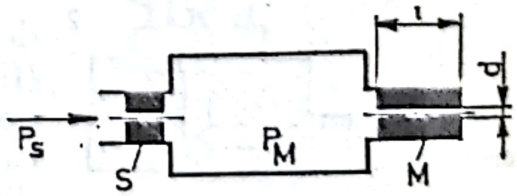


Fig. 4.1. Schema aparatului pneumatic pentru măsurarea alezajelor cilindrice.

Scanned with OKEN Scanner

Influența parametrilor alezajului asupra presiunii măsurate este dată de relația:

$$P_M = \frac{\alpha \cdot P_s}{\left(R_1 + \alpha \frac{l}{d^4}\right)^2} \cdot \frac{R_1}{d^4}\left(-4\frac{l}{d}\Delta d + \Delta l\right) \qquad (4.3)$$

Pentru ca variația lungimii alezajului să nu poată influența valoarea măsurată, trebuie respectată condiția:

$$4\frac{l}{d}\Delta d > \Delta l \qquad (4.4)$$

Astfel, pentru un alezaj cu $l = 2{,}5$ mm și $d = 0{,}5$ mm, modificarea lungimii trebuie să fie $\Delta l < 20$ μm.

Aceste condiții pot fi îndeplinite dacă se menține toleranța lungimii alezajului și stabilitatea valorii toleranței de formă a acestuia.

Pentru măsurarea alezajelor de diametre mici (1...4 mm) se pot aplica două metode bazate pe principiul pneumatic de măsurare, la care poate fi ușor aplicată automatizarea în condiții de producție.

Prima metodă de măsurare se bazează pe trecerea directă a aerului prin alezajul de măsurat. Pentru obținerea unui sistem suficient de sensibil, s-a introdus în alezajul de măsurat o bilă calibrată (fig. 4.2), după care se controlează interstițiul inelar dintre bila *1* și alezajul *2*.

Studiile efectuate pentru alezaje cu diametrul de 3,2 mm au condus la concluzia că pentru o alegere corectă a raportului dintre diametrul duzei și diametrul bilei, se poate obține o amplificare mare (la aparate cu presiune înaltă este de 30 000).

La un contact corect al bilei cu peretele alezajului, deci la asigurarea formei constante a interstițiului, se poate asigura o înaltă stabilitate indicațiilor aparatului.

Dezavantajele acestei metode constau în aceea că metoda nu permite controlul alezajelor înfundate, nu permite determinarea abaterilor de la forma geometrică corectă și prezintă dificultățile în asigurarea etanșeității la îmbinarea cap la cap a pieselor cu instalația de alimentare cu aer comprimat.

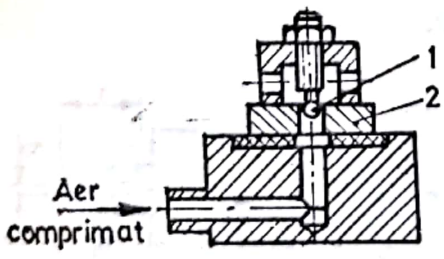


Fig. 4.2. Schema de măsurare a alezajelor cu trecerea directă a aerului prin alezaj.

A doua metodă, cu contacte, înlătură dezavantajele primei metode. Dispozitivul (fig. 4.3, a) este prevăzut cu traductoarele de măsurare *1*, fixare de pîrghiile *2* și *3*, care se pot roti pe o cruce cardanică format din arcuri plane. Pe una dintre pîrghii este montată plăcuța *4*, iar pe cealaltă duza *5*. Interstițiul este asigurat prin diferența dintre

Scanned with OKEN Scanner

dimensiunile duzei și alezajului de măsurat *6*. Pentru obținerea unei rigidități mărite, palpatoarele de măsurat *1* sînt așezate în timpul măsurării ca în fig. 4.3, *b*.

Prin utilizarea acestor metode la măsurarea unui alezaj cu diametrul de 1 mm, s-a obținut o eroare de măsurare de 0,5 μm.

Ca dezavantaj al metodei este acela că pentru centrarea alezajului piesei de măsurat este necesar un dispozitiv auxiliar.

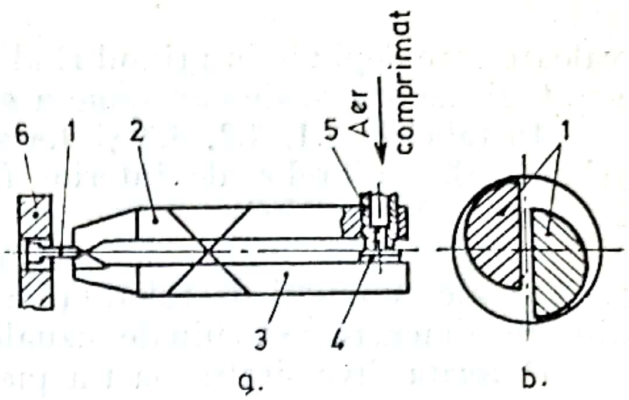


Fig. 4.3. Schema de măsurare a alezajului cu contact:

a — schema de funcționare; *b* — poziția palpatoarelor la măsurare.

4.2. Măsurarea alezajelor cilindrice cu diametre mari

Măsurarea pneumatică a alezajelor cilindrice cu diametrul mai mare de 4 mm este o metodă larg folosită în industria constructoare de mașini, deoarece permite verificarea și controlul alezajelor din punct de vedere al preciziei dimensionale și al abaterilor de la forma geometrică a suprafeței.

Pentru controlul preciziei dimensionale se utilizează calibre de interior (fig. 4.4) compuse din duza de măsurare *1* și canalul pentru evacuarea aerului *2*. Calibrul este alcătuit în principal dintr-un corp prevăzut cu două duze de măsurare prin care aerul este îndreptat către suprafața alezajului.

În vederea măsurării, aparatul indicator se reglează la zero cu ajutorul unui calibru inel de reglare etalonat, a cărui dimensiune efectivă este înscrisă pe una din fețele frontale ale acestuia.

Este indicat ca la reglarea aparatului indicator să se utilizeze două calibre inel etalon avînd valori corespunzătoare dimensiunilor limită ale domeniului de măsurare.

Folosirea calibrelor de interior pneumatice poate conduce la o eroare de măsurare de aproximativ ±1 μm,

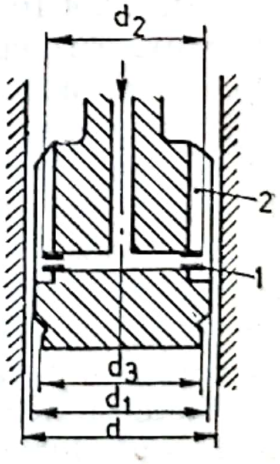


Fig. 4.4. Schema calibrului pentru controlul alezajelor:

1 — duza de măsurare; *2* — canelură pentru ieșirea aerului; *d* — diametrul alezajului; d_1 — diametrul calibrului; d_2 — distanța de la suprafața frontală pînă la alezaj; d_3 — diametrul părții frontale a calibrului.

Scanned with OKEN Scanner

valoare care depinde în primul rînd de rugozitatea suprafețelor de măsurat și de starea de curățenie a suprafețelor.

În tabelele 4.1, 4.2, 4.3 și 4.4 sînt redate principalele caracteristici tehnice ale calibrelor de interior fabricație Massi (Aeropan-RDG) și Millipneu (Mahr-RFG).

De asemenea, în fig. 4.5 sînt reprezentate ajustajele seriei preferențiale ale cîmpului de toleranță ISA precizat prin TGL 8275 pentru diferite dimensiuni nominale uzuale în practică.

Datorită diversității mari a pieselor întîlnite în practica uzinală și de laborator, apare necesitatea efectuării măsurării și controlului alezajelor cu orientări și poziții diferite, precum și a celor înfundate. În fig.4.6 sînt redate cîteva din cazurile mai des întîlnite în practică, pentru care este necesară proiectarea unor calibre speciale.

Astfel, în fig. 4.6, *a* este redat un calibru pentru controlul alezajelor înfundate, în fig. 4.6, *b* pentru alezajele unei carcase, iar în fig. 4.6, *c* — pentru alezaje înclinate la 45°.

Fixarea pe un suport special a calibrelor pneumatice se poate realiza, așa cum este arătat în fig. 4.7, pentru poziție verticală (fig. 4.7, *a*) și orizontală (fig. 4.7, *b*).

Pentru măsurarea și controlul alezajelor în trepte se poate utiliza schema de montaj redată în fig. 4.8, care oferă posibilitatea unui control complex al alezajelor: control al dimensiunilor, al formei geometrice și al poziției reciproce a suprafețelor.

Calibrele de interior pentru alezaje cu diametre mai mari decît 5 mm se racordează direct la aparatele indicatoare sau în cazuri speciale prin intermediul unui amplificator conform fig. 4.9.

În afara calibrelor de interior pneumatice descrise anterior, în practică se utilizează și calibre pneumatice cu contact. Aceste calibre au avantajul că rezultatele măsurărilor nu sînt influențate de rugozitatea suprafeței alezajului de măsurat.

În fig. 4.10 este redată schema funcțională a unui calibru pneumatic cu palpatoare cu pîrghie iar în fig. 4.11 pentru un calibru pneumatic cu tije de contact.

Utilizarea aparatelor pneumatice de măsurare Millipneu (Mahr-RFG) pentru măsurarea pneumatică a alezajelor este redată în fig. 4.12. Astfel în fig. 4.12, *a* este redată schema de măsurare cu ajutorul unui dorn prevăzut cu două duze de măsurare, în fig. 4.12, *b* este reprezentată schema de măsurare a alezajelor cilindrice înfundate cu ajutorul unui dorn cu două duze de măsurare, iar în fig. 4.12, *c* este ilustrată schema de măsurare a alezajelor cilindrice de trecere cu ajutorul unui dorn cu contacte sferice sau a alezajelor înfundate cu dorn de măsurare cu contact — pîrghie (fig. 4.12, *d*).

Scanned with OKEN Scanner

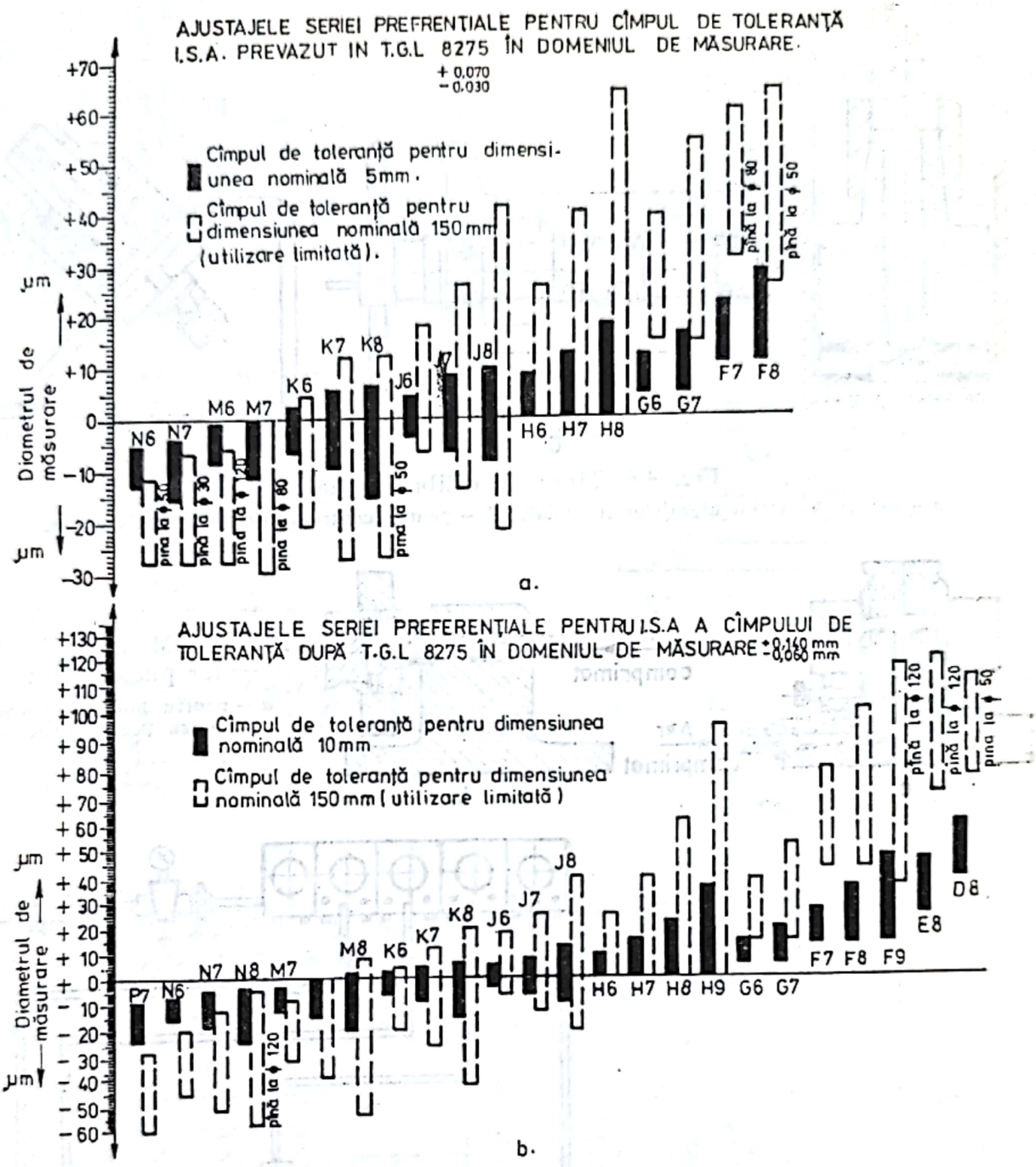


Fig. 4.5. Distribuția cîmpului de toleranță pentru ajustajele seriei preferențiale:
a — pentru cîmpul de toleranță corespunzător dimensiunii nominale 5 mm; *b* — cîmpul de toleranță pentru dimensiunea nominală 10 mm.

În fig. 4.13 este redată schema de principiu a funcționării aparatului pneumatic de măsurare CEJET (fabricație Johansson — Suedia) pentru controlul alezajelor.

Aerul de la rețea trece prin conducta *1*, este purificat în filtrul *2*, trece prin regulatorul de presiune *3* și ajunge la aparatul de măsurare pneumatic cu presiune diferențială (cu silfon).

Scanned with OKEN Scanner

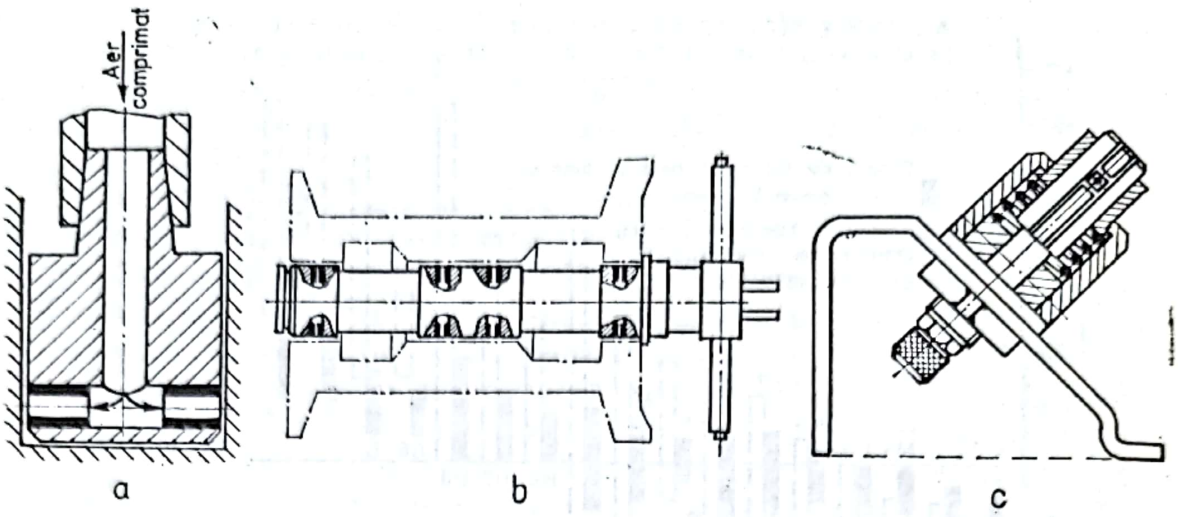


Fig. 4.6. Tipuri de calibre speciale:
a — pentru controlul alezajelor înfundate; *b* — pentru controlul alezajelor unei carcase.

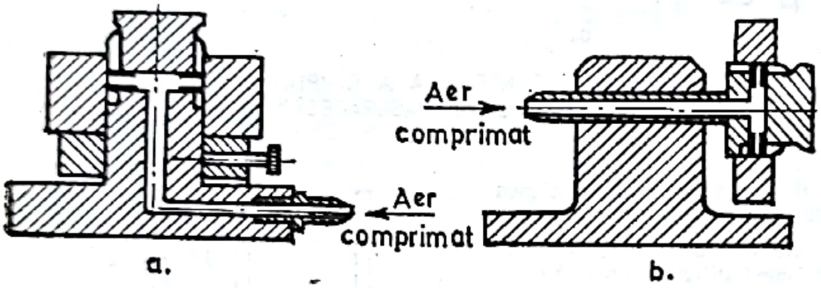


Fig. 4.7. Montarea calibrelor pneumatice:
a — pentru poziția verticală;
b — pentru poziția orizontală.

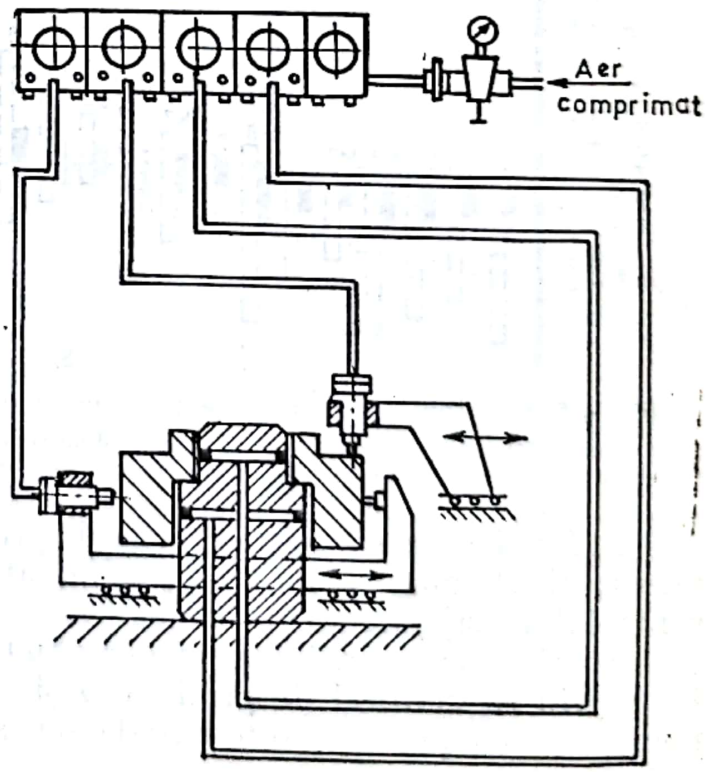


Fig. 4.8. Schema controlului complex al alezajelor.

Scanned with OKEN Scanner

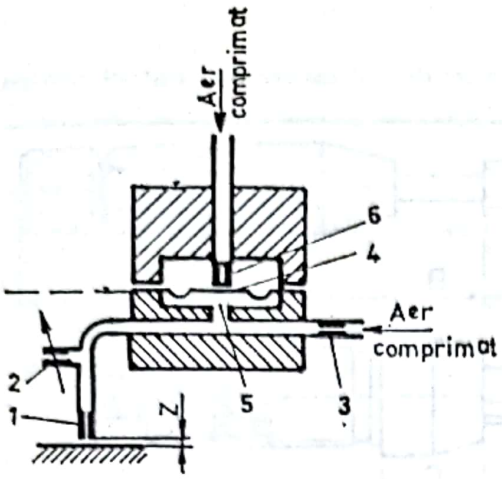


Fig. 4.9. Schema de racordare prin intermediul unui amplificator:

1 — duza de măsurare; *2* — duză reglabilă pentru punerea la zero; *3* — duza de capăt; *4* — membrană; *5* — cameră de măsurare; *6* — duză de măsurare.

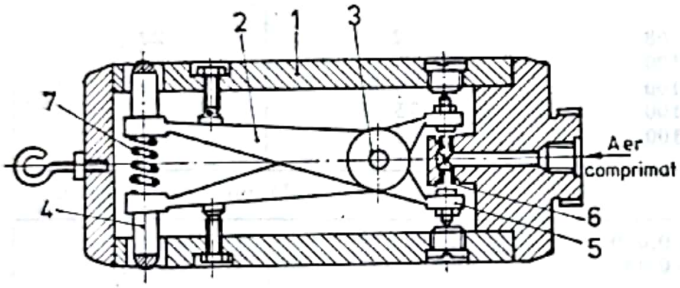


Fig. 4.10. Schema calibrului pneumatic cu palpatoare cu pîrghie:

1 — carcasă; *2* — pîrghie; *3* — ax; *4* — palpator; *5* — plăcuță de șoc; *6* — duză de măsurare; *7* — resort.

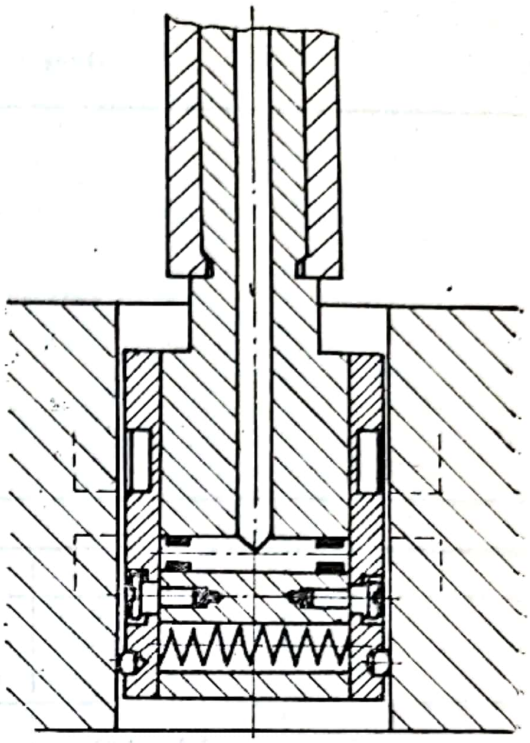


Fig. 4.11. Schema calibrului pneumatic cu tije de contact.

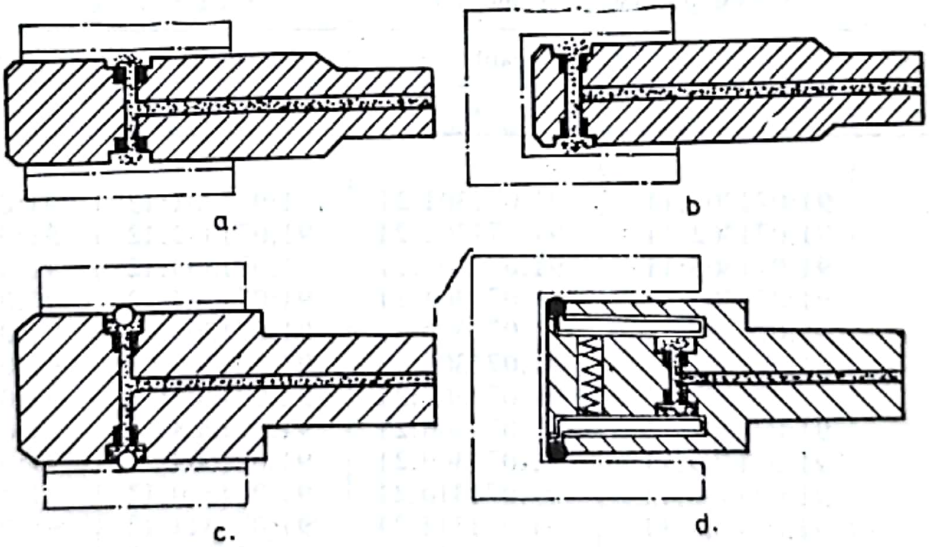
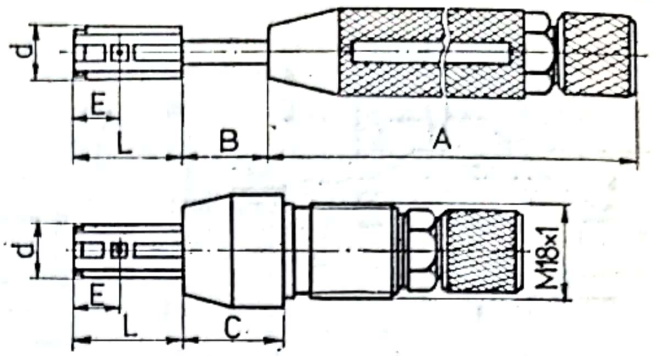


Fig. 4.12. Scheme de măsurare cu aparatele pneumatice Millipneu (Mahr-RFG):

a — cu două duze de măsurare; *b* — pentru alezaje înfundate; *c* — pentru alezaje de trecere cu contacte sferice; *d* — pentru alezaje înfundate cu contact-pîrghie.

Scanned with OKEN Scanner



Dimensiuni construc

	d	A	B	C
Dimensiuni, în mm	3 la 4,99	68	2	20
	5 la 7,5	100	35	19
	7,5 la 9	100	55	19
	9 la 15	100	75	19
	15 la 22	100	95	19

Domeniul de măsurare,

	+0,070 −0,030	+0,070 −0,030	+0,070 −0,030	+0,070 −0,030

Dornuri de măsurare

Diametrul Ø în mm	Cu poziţionare manuală		Cu prindere în stativ	
	străpunse	calibrate	străpunse	calibrate
1	3	3	4	5
5	91:071301:11	91:071301:21	91:071301:12	91:071301:22
5,5	91:071302:11	91:071302:21	91:071302:12	91:071302:22
6	91:071303:11	91:071303:21	91:071303:12	91:071303:22
6,5	91:071304:11	91:071304:21	91:071304:12	91:071304:22
7	91:071305:11	91:071305:21	91:071305:12	91:071305:22
7,5	91:071306:11	91:071306:21	91:071306:12	91:071306:22
8	91:071307:11	91:071307:21	91:071307:12	91:071307:22
8,5	91:071308:11	91:071308:21	91:071308:12	91:071308:22
9	91:071309:11	91:071309:21	91:071309:12	91:071309:22
9,5	91:071310:11	91:071310:21	91:071310:12	91:071310:22
10	91:071311:11	91:071311:21	91:071311:12	91:071311:22
10,5	91:071312:11	91:071312:21	91:071312:12	91:071312:22
11	91:071313:11	91:071313:21	91:071313:12	91:071313:22
11,5	91:071314:11	91:071314:21	91:071314:12	91:071314:22
12	91:071315:11	91:071315:21	91:071315:12	91:071315:22

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.1

găuri înfundate și străpunse, pentru diametre ⌀ 5 ... 22 mm

Dornuri de măsurare complete cu mîner și tuburi de legătură

Dornuri de măsurare pentru stative, cu mîner tubular

ive, în mm

L		E	L		E
Duze			Dornuri cu contact		
străpunse		calibrate	străpunse		calibrate
13	5	4			
30	13,5	5			
30	13,5	5			
30	13,5	5	50	15	1,5
30	9,5	5	50	15	1,5

în mm		Tipuri	
+0,070 −0,030	+0,140 −0,060	+0,070 −0,030	+0,140 −0,060

Dornuri cu contact			
Cu poziționare manuală		Cu prindere în stativ	
străpunse	calibrate	străpunse	calibrate
6	7	8	9
91:071311:31	91:071311:41	91:071311:32	91:071311:42
91:071312:31	91:071312:41	91:071312:32	91:071312:42
91:071313:31	91:071313:41	91:071313:32	91:071313:42
91:071314:31	91:071314:41	91:071314:32	91:071314:42
91:071315:31	91:071315:41	91:071315:32	91:071315:42

Scanned with OKEN Scanner

1	2	3	4	5
13	91:071316:11	91:071316:21	91:071316:12	91:971316:22
14	91:071317:11	91:071317:21	91:071317:12	91:071317:22
15	91:071318:11	91:071318:21	91:071318:12	91:071318:22
16	91:071319:11	91:071319:21	91:071319:12	91:071319:22
17	91:071320:11	91:071320:21	91:071320:12	91:071320:22
18	91:071321:11	91:071321:21	91:071321:12	91:071321:22
19	91:071322:11	91:071322:21	91:071322:12	91:071322:22
20	91:071323:11	91:071323:21	91:071323:12	91:071323:22
21	91:071324:11	91:071324:21	91:071324:12	91:071324:22
22	91:071325:11	91:071325:21	91:071325:12	91:071325:22

Aparatul pneumatic de măsurare este compus din ajutajele interioare *4*, sistemul cu două silfoane *6*, ventilul pentru reglare *7*, aparatul indicator *5* și capul de măsurare *8*, care se introduce în alezajul de măsurat *9*.

La măsurarea alezajelor, pentru reglarea pe zero a aparatului indicator, se utilizează calibre inel etalon care au diametrul egal cu dimensiunea nominală a alezajului piesei de măsurat.

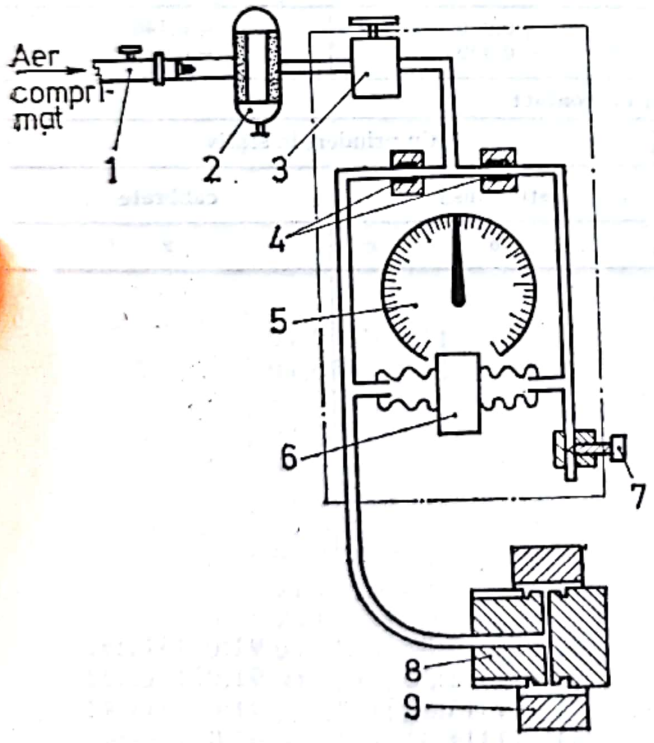


Fig. 4.13. Schema aparatului pneumatic de măsurare CEJET (JOHANSSON-Suedia)

Cu aparatul pneumatic de măsurare CEJET se pot măsura alezaje care au toleranța la dimensiunea nominală cuprinsă într-unul din domeniile de măsurare ale scării gradate și anume: 20; 40; 80; 120 și 160 μm, care corespund următoarelor valori ale diviziunii: 0,5; 1; 2; 2 și 5 μm.

Eroarea de indicare a aparatului CEJET este de 2% din valoarea domeniului de măsurare al scării gradate.

O problemă deosebită care apare în practica metrologică este aceea a măsurării calibrelor inel etalon prin metoda pneumatică.

Cercetările experimentale au arătat că diametrul cali-

Scanned with OKEN Scanner

(*Tabelul 4.1* continuare)

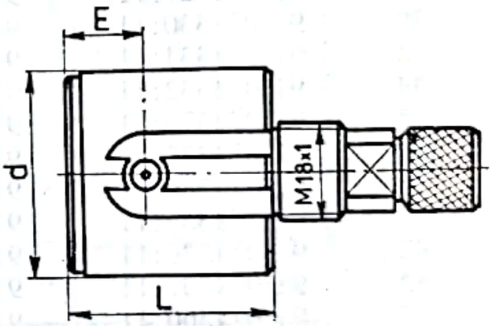
6	7	8	9
91:071316:31	91:071316:41	91:071316:32	91:071316:42
91:071317:31	91:071317:41	91:071317:32	91:071317:42
91:071318:31	91:071318:41	91:071318:32	91:071318:42
91:071319:31	91:971319:41	91:071319:32	91:071319:42
91:071320:31	91:071320:41	91:071320:32	91:071320:42
91:071321:31	91:071321:41	91:071321:32	91:071321:42
91:071322:31	91:071322:41	01:071322:32	91:071322:42
91:071323:31	91:071323:41	91:071323:32	91:071323:46
91:071324:31	91:071324:41	91:071324:32	91:071324:42
91:071325:31	91:071325:41	91:071325:32	91:071325:42

Tabelul 4.2

Duze pneumatice și dornuri de măsurare cu contact pentru găuri înfundate și străpunse pentru diametre ⌀ 24 ...150 mm.

Gama de la 24...55 mm

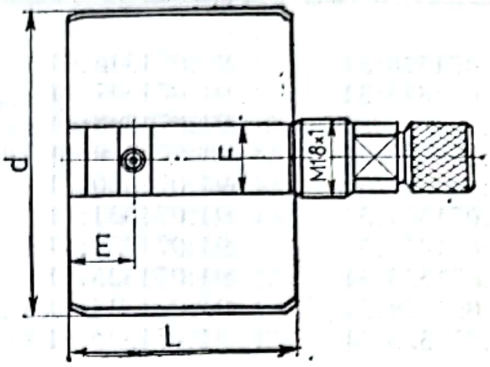
Dimensiuni constructive, în mm



d	L	E	L	E		F	
		Duze		Dornuri cu contact			
		de trecere	calibrate	de trecere		calibrate	
22 la 30	35	12	8	50	15	1,5	—
32 la 38	40	14	8	50	15	1,5	—
40 la 55	45	16	8	50	15	1,5	—
60 la 75	60	15	8	60	15	1,5	16
80 la 110	60	18	8	60	15	1,5	16
120 la 150	60	20	8	60	15	1,5	16

Scanned with OKEN Scanner

Gama de la 60 ... 150 mm



Diametrul *d*, în mm	Tipuri: +0,070 −0,030	+0,070 −0,030	+0,070 −0,030	+0,140 −0,060
	Duze		Dornuri cu contact	
	De trecere	Calibrate	De trecere	Calibrate
1	2	3	4	5
24	91:071326:11	91:071316:21	91:071326:32	91:071326:42
25	91:071327:11	91:071327:21	91:071327:32	91:071327:42
26	91:071328:11	91:071328:21	91:071328:31	91:071328:41
28	91:071329:11	91:071329:21	91:071329:31	91:071329:41
30	91:071330:11	91:071330:21	91:071330:31	91:071330:41
32	91:071331:11	91:071331:21	91:071331:31	91:071331:41
34	91:071332:11	91:071332:21	91:071332:31	91:071332:41
35	91:071370:11	91:071370:21	91:071370:31	91:071370:41
36	91:071333:11	91:071333:21	91:071333:31	91:071333:41
38	91:071334:11	91:071334:21	91:071334:31	91:071334:41
40	91:071335:11	91:071335:21	91:071335:31	91:071335:41
42	91:071336:11	91:071336:21	91:071336:31	91:071336:41
45	91:071337:11	91:071337:21	91:071337:31	91:071337:41
47	91:071360:11	91:071360:21	91:071360:31	91:071360:41
48	91:071338:11	91:071338:21	91:071338:31	91:071338:41
50	91:071339:11	91:071339:21	91:071339:31	91:071339:41
52	91:071340:11	91:071340:21	91:071340:31	91:071340:41
55	91:071341:11	91:071341:21	91:071341:31	91:071341:41
60	91:071342:11	91:071342:21	91:071342:31	91:071342:41
62	91:071361:11	91:071361:21	91:071361:31	91:071361:41
63	91:071343:11	91:071343:21	91:071343:31	91:071343:41
65	91:071344:11	91:071344:21	91:071344:31	91:071344:41
70	91:071345:11	91:071345:21	91:071345:31	91:071345:41
72	91:071362:11	91:071362:21	91:071362:31	91:071362:41
75	91:071346:11	91:071346:21	91:071346:31	91:071346:41
80	91:071347:11	91:071347:21	91:071347:31	91:071347:41
85	91:071348:11	91:071348:21	91:071348:31	91:071348:41
90	91:071349:11	91:071349:21	91:071349:31	91:071349:41

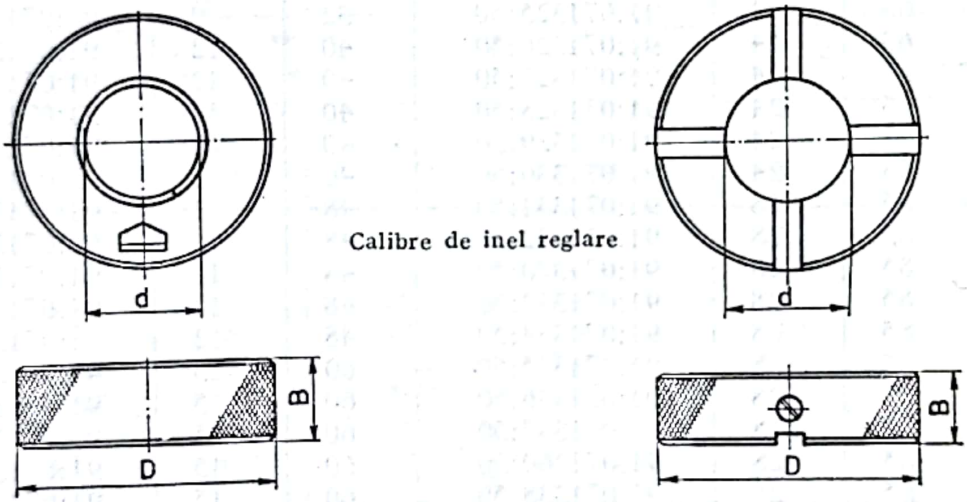
Scanned with OKEN Scanner

(*Tabelul 4.2* continuare)

1	2	3	4	5
95	91:071350:11	91:071350:21	91:071350:31	91:071350:41
100	91:071351:11	91:071351:21	91:071351:31	91:071351:41
105	91:071352:11	91:071352:21	91:071352:31	91:071352:41
110	91:071353:11	91:071353:21	91:071353:31	91:071353:41
120	91:071354:11	91:071354:21	91:071354:31	91:071354:41
125	91:071355:11	91:071355:21	91:071355:31	91:071355:41
130	91:071356:11	91:071356:21	91:071356:31	91:071356:41
140	91:071357:11	91:071357:21	91:071357:31	91:071357:41
150	91:071358:11	91:071358:21	91:071358:31	91:071358:41

Tabelul 4.3

Calibre inel de reglare și calibre pentru duze și dornuri de măsurare cu contact pentru diametre 5 ... 150 mm



Diametrul *d*, în mm	Calibre inel de reglare			Inele de calibrare		
	Dimensiuni, în mm		Tipul	Dimensiuni, în mm		Tipul
	D	B		D	B	
1	2	3	4	5	6	7
5	32	16	91:071301:50	15	9	91:071301:60
5,5	32	16	91:071302:50	15	9	91:071302:60
6	32	16	91:071303:50	15	9	91:071303:60
6,5	32	16	91:071304:50	15	9	91:071304:60
7	32	16	91:071305:50	15	9	91:071305:60

Scanned with OKEN Scanner

(*Tabelul 4.3* continare)

1	2	3	4	5	6	7
7,5	32	16	91:071306:50	15	9	91:071306:60
8	32	16	91:071307:50	18	9	91:071307:60
8,5	32	16	91:071308:50	18	9	91:071308:60
9	32	16	91:071309:50	18	9	91:071309:60
9,5	32	16	91:071310:50	25	9	91:071310:60
10	32	16	91:071311:50	25	9	91:071311:60
10,5	45	18	91:071312:50	25	9	91:071312:60
11	45	18	91:071313:50	25	9	91:071313:60
11,5	45	18	91:071314:50	25	9	91:071314:60
12	45	18	91:071315:50	25	9	91:071315:60
13	45	18	91:071316:50	25	9	91:071316:60
14	45	18	91:071317:50	25	9	91:071317:60
15	45	18	91:071318:50	25	9	91:071318:60
16	45	18	91:071319:50	32	9	91:071319:60
17	45	18	91:071320:50	32	9	91:071320:60
18	45	18	91:071321:50	32	9	91:071321:60
19	63	24	91:071322:50	32	9	91:071322:60
20	63	24	91:071323:50	32	9	91:071323:60
21	63	24	91:071324:50	32	9	91:071324:50
22	63	24	91:071325:50	32	9	91:071325:60
24	63	24	91:071326:50	40	12	91:071326:06
25	63	24	91:071327:50	40	12	91:071327:60
26	63	24	91:071328:50	40	12	91:071328:50
28	63	24	91:071329:50	40	12	91:071329:60
30	63	24	91:071330:50	40	12	91:071330:60
32	85	28	91:071331:50	48	12	91:071331:60
34	85	28	91:071332:50	48	12	91:071332:60
35	85	28	91:071370:50	48	12	91:071370:60
36	85	28	91:071333:50	48	12	91:071333:60
38	85	28	91:071334:50	48	12	91:071334:60
40	85	28	91:071335:50	60	15	91:071335:60
42	85	28	91:071336:50	60	15	91:071336:60
45	85	28	91:071337:50	60	15	91:071337:60
47	85	28	91:071360:50	60	15	91:071360:60
48	85	28	91:071338:50	60	15	91:071338:60
50	85	28	91:071339:50	70	15	91:071339:60
52	112	36	91:071340:50	70	15	91:071340:60
55	112	36	91:071341:50	70	15	91:071341:60
60	112	36	91:071342:50	85	18	91:071342:60
62	112	36	91:071361:50	85	18	91:071361:60
63	112	36	91:071343:50	85	18	91:071343:60
65	112	36	91:071344:50	85	18	91:071344:60
70	112	36	91:071345:50	85	18	91:071345:60
72	140	40	91:071362:50	95	18	91:071362:60
75	140	40	91:071346:50	95	18	91:071346:60
80	140	40	91:071347:50	105	18	91:071347:60
85	140	40	91:071348:50	105	18	91:071348:60
90	140	40	91:071349:50	110	18	91:071349:60
95	170	44	91:071350:50	120	18	91:071350:60

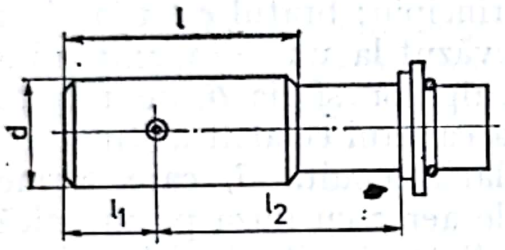
Scanned with OKEN Scanner

(*Tabelul 4.3* continuare)

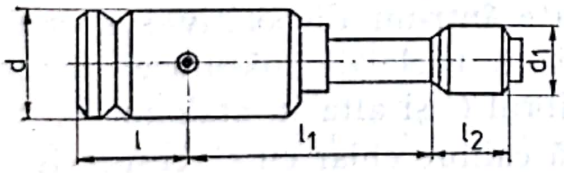
1	2	3	4	5	6	7
100	170	44	91:071351:50	120	18	91:071351:60
105	170	44	91:071352:50			
110	170	44	91:071353:50			
120	190	44	91:071354:50			
125	190	44	91:071355:50			
130	190	44	91:071356:50			
140	200	48	91:071357:50			
150	230	50	91:071358:50			

Tabelul 4.4

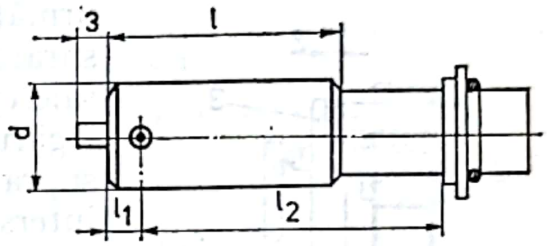
Dimensiunile principale ale calibrelor tampon pneumatice Millipneu (RFG)



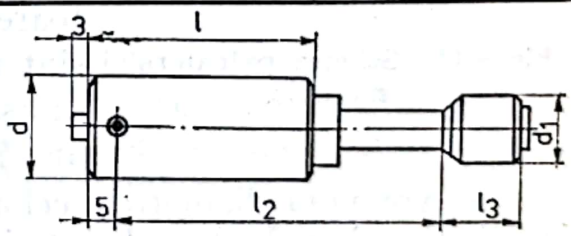
d, în mm	*l*, în mm	l_1, în mm	l_2, în mm
2—3	20	6	14
3—4	22	7	20
4—5	25	8	22
5—6	39,5	8	31,5
6—7	44,5	10	34,5
7—9	41	14	38
9—12	43	16	40



d, în mm	d_1, în mm	*l*, în mm	l_1, în mm	l_2, în mm	l_2, în mm
12— 60	20	51	20	14	50; 100; 160; 250
60— 80	27	53	22	81	50; 100; 180; 280
80—150	27	60	25	21	50; 100; 180; 280



d, în mm	*l*, în mm	l_2, în mm
2—3	18	14
3—4	18,5	20
4—5	21	22
5—6	40,5	36,5
6—7	45,5	41,5
7—9	38	45
9—12	40	49



d, în mm	d_1, în mm	*l*, în mm	l_2, în mm	l_3, în mm
12— 60	20	58	62;112;172;262	14
60— 80	27	50	62;112;192;292	21
80—150	27	57	68;118;198;298	21

Scanned with OKEN Scanner

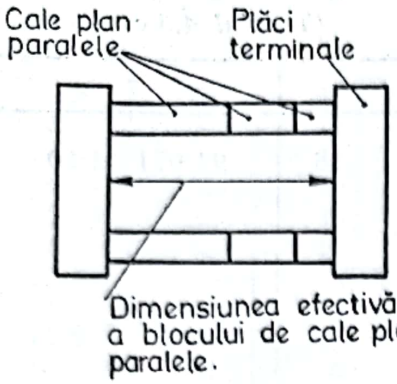


Fig. 4.14. Schema de formare a etalonului.

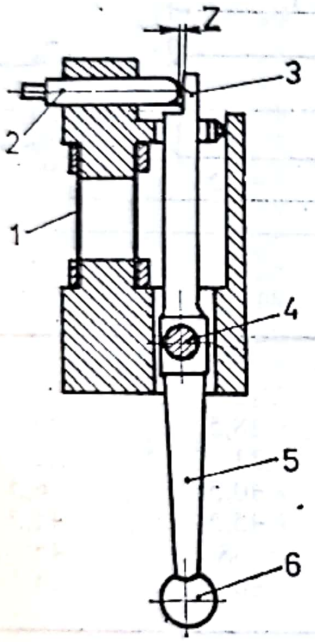


Fig. 4.15. Schema palpatorului mecanic.

brului inel poate fi măsurat cu o pecizie de $\pm 0{,}125$ μm cînd acesta se compară cu un etalon cunoscut, realizat din cale plan-paralele (fig. 4.14).

Deoarece comparația se face între suprafața plană a etalonului și suprafața cilindrică a calibrului-inel, pentru realizarea unor măsurări corespunzătoare este necesară utilizarea unui palpator special de tip mecanic, care exercită o forță mică de măsurare pentru reducerea la minim a deformațiilor de contact.

Palpatorul (fig. 4.15) este construit pe următorul principiu: brațul cu tija de măsurare *5*, prevăzut la una din extremitățile sale cu un palpator sferic *6*, se rotește în lagărul *4*. La capătul celălalt al tijei se află suprafața plană lepuită *3*, care formează interstițiul de aer *z* cu duza pneumatică de măsurare *2*. Pentru evitarea aducerii accidentale în contact a suprafețelor care formează interstițiul de aer, duza de măsurare este montată pe benzile de oțel flexibile 1, care se deformează dacă intervine contactul.

Procedeul de măsurare a alezajelor prin această metodă este următorul: calibrul-inel C și etalonul E se așază pe masa de măsurat a mașinii universale de măsurat Zeiss sau o pe altă masă similară, iar două palpatoare realizate pe principiul descris anterior, sînt montate într-un dispozitiv suspendat, în așa fel încît tijele de măsurare pătrund una în calibrul C și alta în etalonul E.

Se vor nota diametrele celor două calibre chiar cu C, respectiv E, iar diametrele palpatoarelor sferice cu d_C și d_E (fig. 4.16).

Cînd masa mobilă a mașinii este în așa fel așezată încît contactul să aibă loc pe una din părțile calibrului-inel și etalonului, indicațiile aparatului vor fi X_{C1} și X_{E1}. Dacă masa se deplasează în așa fel încît contactul să aibă loc în partea opusă, atunci citirile la aparatul indicator vor fi X_{C2} și X_{E2}. Deci se poate scrie că

$$C - d_C - (X_{C2} - X_{C1}) = E - d_E - (X_{E2} - X_{E1}) \qquad (4.4)$$

Scanned with OKEN Scanner

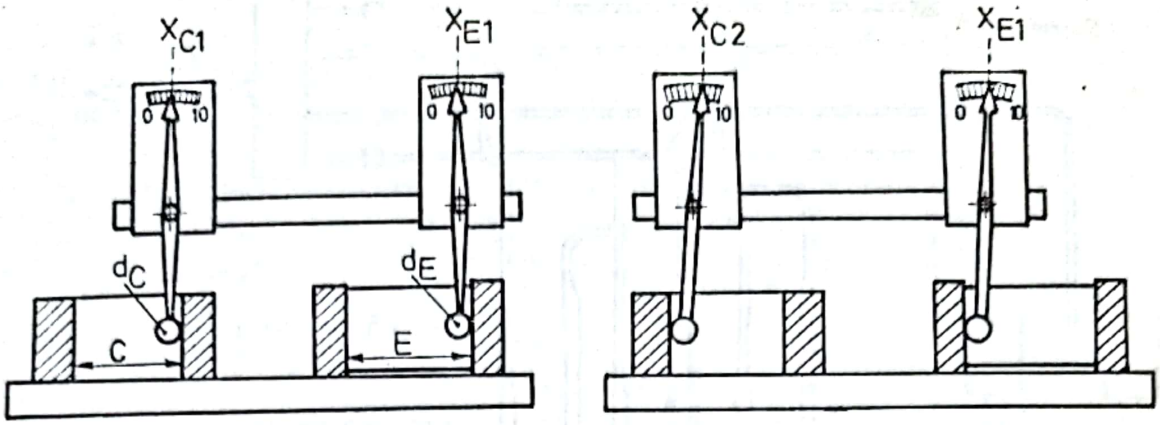


Fig. 4.16. Schema de măsurare a calibrelor inel.

sau $$C = E + (d_C - d_E) + (X_{C2} - X_{C1}) - (X_{E2} - X_{E1}) \qquad (4.5)$$

Deoarece E este cunoscut, iar $(d_C - d_E)$ are o valoare constantă cunoscută, din relația 4.5 se determină valoarea lui C.

Dacă în relația (4.5) se regrupează termenii aceasta devine

$$C = E + (d_C - d_E) + (X_{C2} - X_{E2}) - (X_{C1} - X_{E1}) \qquad (4.6)$$

Problema determinării valorii C se simplifică în situația utilizării unui sistem diferențial de măsurare, care poate indica direct valorile diferențelor dintre citiri.

Un astfel de sistem diferențial de măsurare este redat în fig. 4.17, la care presiunile sînt măsurate la manometre cu lichid, astfel încît la manometrele din dreapta și din stînga se fac citirile corepunzătoare tijelor de măsurare, iar la manometrul central se citește diferența valorilor.

Acest sistem de măsurare lucrează cu o presiune în circuitele de măsurare de 0,85 daN/cm² și o valoare medie a presiunilor în duză de 0,25 daN/cm². La deplasarea tijei de măsurare cu 25 μm, variația nivelului de lichid din manometru este de 25 cm ceea ce corespunde unui raport de amplificare de 10 000.

Pe baza principiului descris anterior s-au construit instalații speciale pentru măsurarea calibrelor-inel, care pot măsura diametre de la 6 mm la 150 mm și chiar mai jos pînă la 2,5 mm.

4.3. Măsurarea alezajelor în timpul prelucrării pe mașini unelte

Măsurarea alezajelor piesei, care se prelucrează și se află în dispozitivul de lucru al mașinii-unelte, se poate efectua în timp ce mașina nu prelucrează sau în timpul funcționării acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

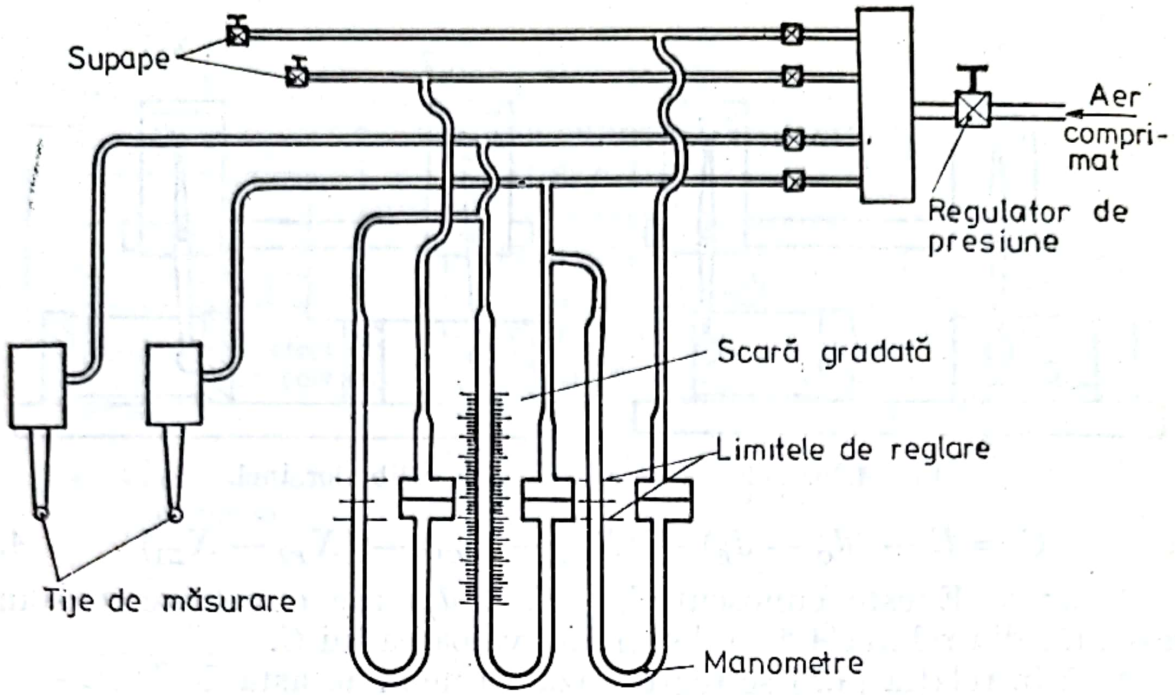


Fig. 4.17. Schema instalației sistemului diferențial de măsurare.

Deoarece timpul aferent operației de măsurare este parte componentă a timpului auxiliar prevăzut pentru prelucrările pe mașini-unelte, există o cerință obiectivă de reducere a acestuia.

De asemenea, tehnica modernă a măsurărilor trebuie să stabilească nu numai dacă piesa prelucrată este sau nu rebut, dar trebuie să împiedice pe cît este posibil apariția rebutului.

În condițiile în care în vederea operației de măsurare nu este indicată scoaterea piesei din dispozitivul de lucru, este posibilă efectuarea acestei operații direct pe mașina-unealtă.

Pentru rezolvarea acestei probleme este indicată utilizarea aparatelor pneumatice de măsurare, datorită avantajelor pe care le prezintă în raport cu aparatele mecanice sau optice de măsurare.

Măsurarea pneumatică a alezajelor direct pe mașini-unealtă nu este posibilă, deoarece există pericolul blocării calibrului de control în alezajul care se prelucrează și se află la o temperatură mai ridicată decît cea a mediului ambiant.

În principiu, pentru efectuarea măsurărilor pe mașină sînt recomandate metodelele de măsurare descrise la cap. 2.

Totuși, dintre acestea, cea care corespunde acestui tip de măsurări este metoda cu presiune înaltă, deoarece conduce la scăderea erorii de măsurare datorată impurităților care se află pe suprafața piesei de măsurat.

Scanned with OKEN Scanner

În lucrarea [39] se recomandă ca presiunea de lucru să fie de aproximativ 2,5 daN/cm². Pentru asigurarea etanșeității nu se recomandă o presiune de lucru mai mare, deoarece scăpările de aer conduc la măsurători imprecise.

În cazul unor presiuni de lucru mici, variațiile presiunii pot influența negativ procesul de măsurare, caz în care situația se poate ameliora prin adoptarea unor soluții constructive noi.

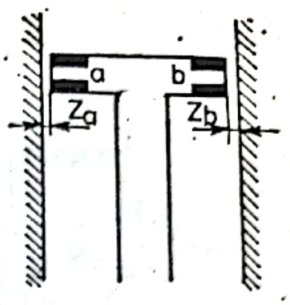


Fig. 4.18. Schema de măsurare pentru alezaje străpunse.

Măsurarea alezajelor prin metoda pneumatică, în timpul funcționării mașinii unelte se recomandă pentru operațiile de finisare și superfinisare (rectificare, honuire etc.).

Astfel, în fig. 4.18 este redată schema de principiu a unui traductor pneumatic de măsurare utilizat la honuirea alezajelor străpunse.

Traductorul se introduce în alezaj dinspre partea opusă sculei și urmărește mișcarea piesei de prelucrat.

Pentru acest caz, în fig. 4.19 sînt date diagramele dependenței funcționale dintre presiunile de măsurare și suma ariilor secțiunii duzelor, pentru anumite valori ale debitului de aer la ieșire.

Din punct de vedere constructiv, duza de intrare trebuie în așa fel aleasă încît aceasta să aibă diametrul alezajului egal cu de 12 ori suma dintre toleranța piesei măsurate și adaosul de prelucrare prevăzut.

Totodată, duzele traductoarelor pneumatice de măsurare trebuie să aibă diametrul aproximativ de 17 ori mai mare decît suma dintre toleranța piesei de măsurat și adaosul de prelucrare.

Aceste recomandări sînt valabile pentru traductoarele cu o singură duză, iar pentru traductoarele cu două duze valorile menționate mai sus se raportează la jumătate din valoarea sumei dintre toleranța piesei măsurate și adaosul de prelucrare.

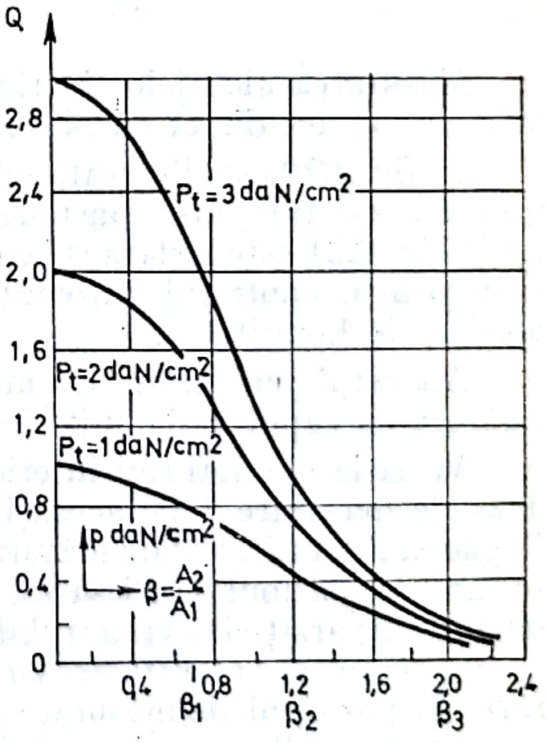


Fig. 4.19. Dependența funcțională dintre presiunea de măsurare și suma ariilor secțiunii duzelor.

Scanned with OKEN Scanner

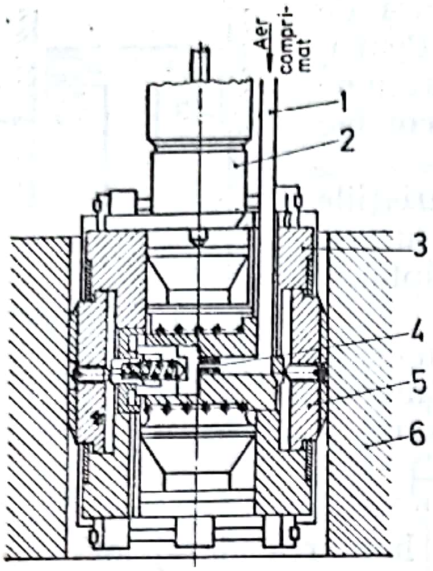


Fig. 4.20. Schema de funcționare a unui cap de honuit prevăzut cu traductor pneumatic de măsurare cu contact direct: *1* — conductă de aer; *2* — arbore; *3* — corpul capului de honuit; *4* — duză de măsurare; *5* — bare din metal dur; *6* — piesa de măsurat.

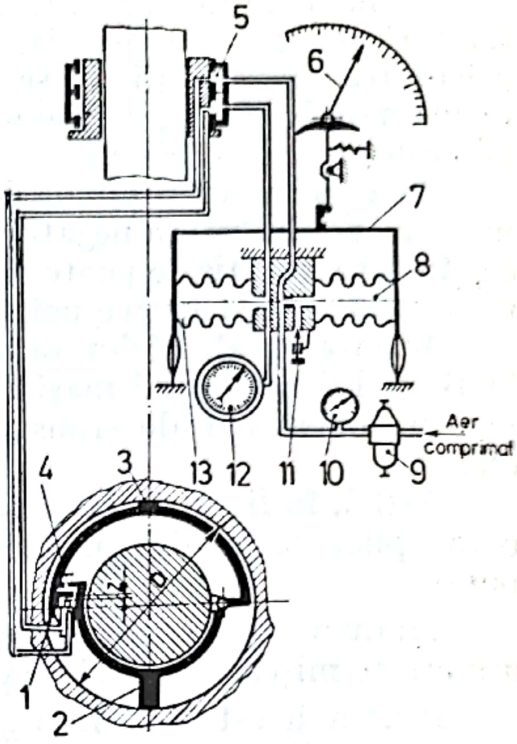


Fig. 4.21. Schema de funcționare a capului de honuit prevăzut cu aparat pneumatic de măsurare cu silfon.

Măsurarea alezajelor în timpul funcționării mașinii-unelte se poate face cu contact direct cu piesa sau fără contact.

În fig. 4.20 este ilustrată schema de funcționare a unui cap de honuit prevăzut cu traductor pneumatic de măsurare cu contact direct [36], iar în fig. 4.21 este redată schema de principiu a funcționării unui dispozitiv pentru controlul automat al diametrelor alezajelor prelucrate pe mașina de honuit.

Aparatul pneumatic de măsurare cu silfon (fig. 4.21) este pus în legătură cu capul de honuit și cu piesa de măsurat.

Variația diametrului interior D al piesei prelucrate este sesizată de duza de măsurare *1* pe aceeași circumferință cu contactele fixe *2* și *3*. Reglarea interstițiului de măsurare în vederea reglării la zero a aparatului se face cu șurubul *4*. Piesa de legătură *5* pune în legătură sistemul de sesizare a variației diametrului cu sistemul indicator al aparatului, aparat care se află fixat pe batiul mașinii-unelte. În vederea măsurării, dispozitivul de măsurare este prevăzut cu aparatul pneumatic de măsurare cu silfon, compus din camerele *8* și *13*, cadrul mobil *7*, șurubul de reglare *11* a presiunii în camera *8* și acul indicator *6* al sistemului de înregistrare. Aparatul pneumatic de măsurare este alimentat cu aer

Scanned with OKEN Scanner

comprimat prin filtrul și reductorul de presiune *9*, fiind prevăzut cu manometrele *10* și *12* pentru controlul presiunii în sistem.

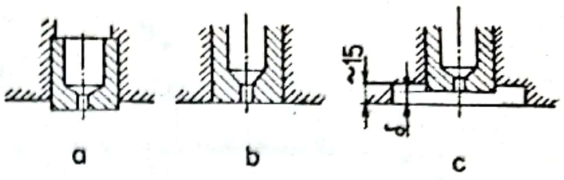


Fig. 4.22. Variante de montare a duzelor în traductorul de măsurare: *a* — cu ieșire; *b* — fără ieșire; *c* — cu degajare.

Dispozitivul pentru controlul alezajelor descris mai înainte are următoarele caracteristici metrologice: jocul maxim (interstițiul) pentru măsurare — 0,6 mm, valoarea diviziunii aparatului indicator este de 0,001 mm și domeniul de măsurare 0,13 mm.

În cazul măsurării fără contact este necesar ca viteza de ieșire a aerului din duze să fie suficient de mare pentru ca lichidul de răcire să fie înlăturat de pe locul unde se face măsurarea.

În majoritatea cazurilor se recomandă ca duzele de măsurare să fie executate ca o piesă separată, realizată dintr-un material anticoroziv, care se atașează la capul de măsurare executat dintr-un alt material.

În fig. 4.22 sînt ilustrate diferite posibilități de montare a duzelor în traductorul de măsurare. Aceste duze trebuie fixate înainte de prelucrarea definitivă a suprafeței frontale, în condițiile realizării unei etanșeități perfecte și a evitării deformării duzei.

La montajul din fig. 4.22, *a* există dezavantajul unei uzuri pronunțate a suprafeței frontale a duzei. Acest dezavantaj poate fi evitat prin soluția din fig. 4.22, *b*.

Montajul duzei de măsurare dat în fig. 4.22, *c* asigură o durabilitate mai mare a acesteia, deoarece suprafața frontală este protejată complet împotriva loviturilor și a uzurii.

Deoarece aparatele pneumatice realizate de către diferite firme constructoare se livrează cu seturi de dornuri de control fără indicații privind calculul acestora, folosirea în practică, pentru alte valori ale diametrelor decît cele prescrise în prospectele aparatelor, este destul de limitată.

Pentru beneficiarii aparatelor pneumatice, care vor să le utilizeze și pentru alte valori ale diametrelor nominale decît cele prevăzute în instrucțiunile de folosire sau prospecte, se indică în continuare următoarele standarde și norme, după cum urmează: GOST 14864-69, în care se precrie modul de alegere și calculul analitic al calibrelor inel și tampon pentru diametre cuprinse între 3...160 mm; Standard ETAMIC TC 3150 și norma tehnică NT 1069-64, elaborată de ICPTCM, în care sînt indicate date privind proiectarea tampoanelor pentru aparate pneumatice de controlat lungimi (tipuri constructive, calculul și modul de execuție al calibrelor.)

Scanned with OKEN Scanner

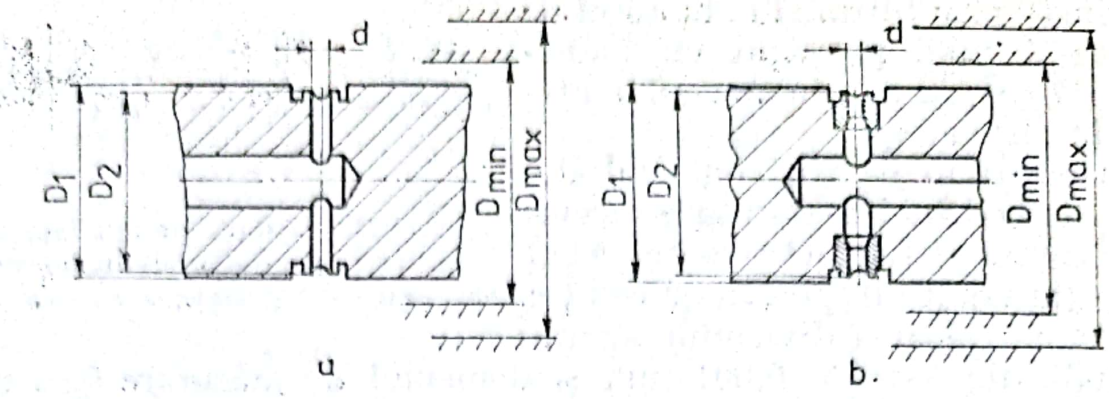


Fig. 4.23. Schema de calcul a calibrelor tampon pneumatice:
a — pentru $D_1 = 6 \ldots 27$ mm; *b* — pentru $D_1 > 27$ mm.

Conform NT 1069-64 pentru calculul diametrelor calibrelor tampon se poate stabili următoarea ordine de calcul, conform figurii 4.23:

1. Fiind date, prin tema de proiectare, valoarea nominală și abaterile (superioară și inferioară) ale alezajului piesei de măsurat, se determină diametrele limită ale acestuia (D_{max} și D_{min}).

2. Se calculează toleranța T a diametrului alezajului măsurat cu relația

$$T = D_{max} - D_{min} \tag{4.7}$$

3. Se alege tipul de aparat care se va utiliza la control (cu înaltă presiune sau cu joasă presiune), în cazul în care acesta urmează a fi procurat.

4. Din tabelele 4.5, 4.6 sau 4.7 se alege jocul de duze de măsurat și de intrare astfel:

— să se respecte indicațiile prevăzute în tabelul 4.8;

— mărimea cîmpului de toleranțe T să acopere pe cît posibil domeniul de măsurare S (distanța de la duză la suprafața de măsurat), fără ca să-l depășească;

— se alege presiunea de lucru, conform indicațiilor din cartea tehnică a aparatului.

5. Din tabelele 4.5, 4.6 și 4.7 se aleg valorile jocului minim pe dorn ($D_{min} - D_1$) și jocului minim peste duze ($D_{min} - D_2$), cu ajutorul cărora se calculează diametrele D_1 și D_2 ale calibrului tampon.

6. În funcție de diametrul alezajului controlat și de lungimea acestuia se alege din norma tehnică, forma constructivă corespunzătoare a tamponului și lungimea sa.

7. Se alege construcția mînerului de prindere în funcție de tipul conductei de legătură dintre ansamblul tamponului și aparatul pneumatic utilizat.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.5

Aparate pneumatice de măsurare cu înaltă presiune ($p = 0{,}5 \ldots 2$ daN/cm²)

Diametrul duzei de măsurare	Diametrul duzei de intrare	Presiune de lucru	Jocul minim		Domeniul de măsurare	Sensibilitatea
			pe dorn $D_{min}-D_1$	peste duze $D_{min}-D_2$		
d_2, în mm	d_1, în mm	în daN/cm²	± 0,002 mm	±0,002 mm	în mm	daN/cm²/mm
2	0,60	0,5	0,008	0,030	0,020	8,2
		1,0		0,030	1,024	13,9
		1,5		0,030	0,040	18,9
		2,0		0,030	0,044	21,0
	0,70	0,5	0,008	0,030	0,024	6,5
		1,0		0,030	0,044	10,1
		1,5		0,044	0,046	12,1
		2,0		0,045	0,050	15,1
	0,8	0,5	0,008	0,030	0,040	4,3
		1,0		0,050	0,046	7,0
		1,5		0,060	0,050	9,7
		2,0		0,060	0,060	11,6
	1,0	0,5	0,008	0,050	0,080	2,2
		1,0		0,080	0,080	4,3
		1,5		0,100	0,090	5,9
		2,0		0,100	0,100	7,4
	1,2	0,5	0,010	0,080	0,080	1,5
		1,0		0,110	0,100	2,6
		1,5		0,160	0,110	3,8
		2,0		0,140	0,140	4,7
	2	0,5	0,010	0,165	0,100	0,7
		1,0		0,170	0,100	1,4
		1,5		0,180	0,130	2,0
		2,0		0,190	0,170	2,6

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.6

Aparate pneumatice de măsurare cu înaltă presiune ($p = 0,5 \ldots 2$ daN/cm²)

Diametrul duzei de măsurare	Diametrul duzei de intrare	Presiunea de lucru	Jocul minim		Domeniul de măsurare	Sensibilitate
			peste dorn $D_{min}-D_1$	peste duză $D_{min}-D_2$		
d_2, în mm	d_1, în mm	în daN/cm²	±0,002 mm	±0,002, în mm	în mm	$\frac{\text{daN/cm}^2}{\text{mm}} \times H$ daN/cm²
1,0	0,50	0,5 ... 2,0	0,008	0,040	0,040	7
	0,60		0,010	0,050	0,050	5
	0,80			0,100	0,100	3
1,5	0,50		0,008	0,032	0,032	13
	0,60		0,010	0,040	0,040	7
	0,80			0,070	0,070	4,5
	1,00			0,100	0,100	2,0

8. În funcție de diametrul calibrului tampon și de domeniul de măsurare al aparatului pneumatic se alege construcția și se calculează diametrul calibrelor inel pentru verificarea acestuia, utilizînd aceeași metodologie de calcul.

În cele ce urmează este redat exemplul de calcul al unui calibru tampon pentru controlul alezajului $\varnothing\ 50_0^{+0,023}$ mm.

Diametrul maxim al alezajului: $D_{max} = 50,023$ mm
Diametrul minim al alezajului: $D_{min} = 50,000$ mm
Toleranța diametrului: $T = D_{max} - D_{min} = 0,023$ mm

Se alege presiunea de lucru de 2 daN/cm².
Conform tabelului 4.5, jocul de duze care cuprinde limita de măsurare va fi:

Duza de intrare: $d_1 = 0,6$ mm
Duza de măsurare: $d_2 = 2$ mm
Pentru aceste valori corespund:
Domeniul de măsurare: $S = 0,044$ mm
Peste dorn: $D_1 = D_{min} - 0,008$ mm
Peste duze: $D_2 = D_{min} - 0,030$ mm

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.7

Aparate pneumatice de măsurare cu joasă presiune (p = 500 mm H_2O)

Diametrul duzei de măsurare	Diametrul duzei de intrare	Presiunea de lucru	Jocul minim		Domeniul de măsurare S	Sensibilitate
			peste dorn $D_{min}-D_1$	peste duză $D_{min}-D_2$		
d_2, în mm	d_1, în mm	în mm H_2O	± 0,002, în mm	± 0,002, în mm	în mm	în mm H_2O / 0,001 mm
1,00	0,50	500	0,008	0,022	0,022	5,8
	0,60		0,010	0,026	0,026	4,8
	0,80			0,036	0,036	2,2
1,50	0,50		0,008	0,024	0,024	8,1
	0,60		0,010	0,027	0,027	7,2
	0,80			0,035	0,035	4,1
	1,00			0,043	0,043	2,2
2,0	0,50		0,008	0,026	0,026	8,4
	0,60			0,027	0,027	8,0
	0,80			0,036	0,036	5,3
	1,00			0,042	0,042	3,3
	1,20			0,060	0,060	2,0

Din tabelul 4.3 rezultă:

$D_1 = 50{,}000 - 0{,}008 = 49{,}992 \pm 0{,}002$ mm

$D_2 = 50{,}000 - 0{,}030 = 49{,}970 \pm 0{,}002$ mm

Procesul tehnologic de execuție al calibrelor trebuie să se desfășoare în condiții de lucru și cu o precizie ridicată, corespunzătoare acestor tipuri de piese.

Pentru execuția calibrelor se pot utiliza oțeluri carbon de scule conform indicațiilor cuprinse în STAS 1700-71.

Calibrele se vor trata termic (călire-revenire) înaintea rectificării suprafețelor active, astfel încît să se obțină o duritate de 58...62 HRC.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4.8

Alegerea jocului de duze în funcție de diametrul de măsurat și presiunea de lucru

Presiunea de lucru	Diametrul de măsurat	Diametrul duzei de măsuare (maxim)	Diametrul duzei de intrare d_1, în mm						
daN/cm²	D, în mm	d_2 în mm	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,5
De la 0,6 la 2,0	de la 6 la 10	1	×	×		×			
	peste 10 la 100	2		×	×	×	×	×	×
0,05	de la 6 la 10	1	×	×		×			
	peste 10 la 100	2	×	×		×	×	×	

Observație. Cu × sînt indicate valorile preferențiale

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 5

Controlul abaterilor de la forma geometrică a suprafețelor

5.1. Noțiuni generale

În procesul de prelucrare mecanică a pieselor pe mașini-unelte, în afară de abaterile dimensionale, acestea prezintă și abateri de la forma macrogeometrică a suprafeței.

Printre parametri principali ai preciziei formei macrogeometrice a suprafeței fac parte: circularitatea, cilindricitatea pentru suprafețele de revoluție și rectilinitate, planitatea pentru suprafețele plane.

Definirea abaterilor și toleranțelor corespunzătoare acestor precizii de formă sînt prezentate în STAS 7384 și 7385-66.

În procesul de control al preciziei formei geometrice, trebuie să se ia măsuri corespunzătoare pentru efectuarea corectă și cu productivitate corespunzătoare scopului propus, ținîndu-se seama de definițiile standardizate ale parametrilor verificați.

Astfel pentru măsurarea abaterilor de formă de la circularitate (ovalitate și poligonalitate), se va lua ca bază de referință cercul adiacent sau axa de simetrie a piesei. În acest caz măsurarea abaterii se va face pe toată circumferința sau după cel puțin patru direcții. Aplicarea metodei pneumatice în acest caz prezintă numeroase avantaje deoarece capetele de măsurare prin construcția lor materializează direcțiile de măsurare ceea ce conduce la o precizie și productivitate ridicată.

Pentru măsurarea corectă a abaterilor de la cilindricitate (formă conică, formă butoi, forma șa, curbarea axei) se impune alegerea corectă a bazei de referință — suprafața adiacentă sau axa de simetrie — măsurarea făcîndu-se în lungul axei în cel puțin trei plane de măsurare. Metoda de măsurare pneumatică prezintă și în acest caz aceleași avantaje menționate mai înainte. Totodată măsurarea abaterilor de la forma geometrică prin metoda pneumatică prezintă și avantajul posibilității de automatizare a operației de control cu ajutorul instalațiilor automate de măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

5.2. Controlul formei geometrice a alezajelor

Pentru măsurarea și controlul abaterilor de la forma geometrică a suprafețelor cilindrice interioare există diferite soluții constructive care țin de scopul urmărit și anume de măsurarea în secțiune longitudinală sau transversală a suprafeței piesei de măsurat.

Astfel, controlul abaterilor de la forma geometrică în secțiune longitudinală (abaterile de la cilindricitate) se poate efectua cu ajutorul traductoarelor de măsurare redate schematic în fig. 5.1

Avantajele soluțiilor prezentate în fig. 5.1 sînt evidente, ca spre exemplu simplitate constructivă (fig. 5.1, *a*) dar cu mai mici posibilități de apreciere a abaterilor de formă pe o lungime mai mare. Acest dezavantaj este ameliorat cu ajutorul soluției din fig. 5.1, *b*, care utilizează trei duze situate în diferite poziții bine determinate de-a lungul suprafeței, fapt ce asigură o mai bună apreciere a formei reale a generatoarei piesei.

O altă soluție constructivă cu trei duze de măsurare este prezentată în fig. 5.2

Controlul abaterilor de formă ale alezajelor în secțiune transversală pe axa piesei (ovalitate, poligonalitate) se poate realiza cu ajutorul traductoarelor de măsurare cu unul, două sau cu mai multe duze de măsurare, ca în fig. 5.3 [17].

Măsurarea se execută prin rotirea traductorului de măsurare în alezajul piesei de măsurat, cu indicarea valorilor inferioară și superioară, la aparatul indicator.

În fig. 5.4 este redată schema de principiu a măsurării abateriler de la circularitate, cu traductor de măsurare cu două duze de fabricație CEJET-JOHANSSON (Suedia).

5.3. Controlul formei geometrice a arborilor

Măsurarea și controlul abaterilor de la forma geometrică a arborilor se face în general după aceleași scheme de măsurare prezentate la cap.5.1, utilizînd în acest scop calibre inel pneumatice, avînd o construcție adecvată.

Totodată, măsurarea arborilor se poate efectua prin utilizarea aparatelor de măsurare, prin metoda fără contact sau cu contact.

Astfel, la măsurarea fără contact, se pot utiliza aparate de măsurare prevăzute cu calibre inel cu două duze de măsurare (fig. 5.5, *a*) sau cu trei duze de măsurare (fig. 5.5, *b*).

În situația în care, arborele care se măsoară, este în trepte, pentru măsurarea abaterilor de formă ale diferitelor trepte, se folosește metoda

Scanned with OKEN Scanner

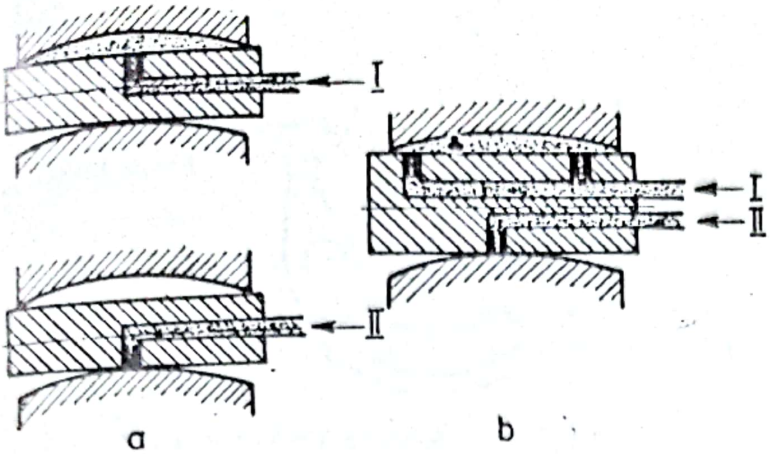


Fig. 5.1. Schema controlului abaterilor de la cilindricitate a alezajelor cilindrice.

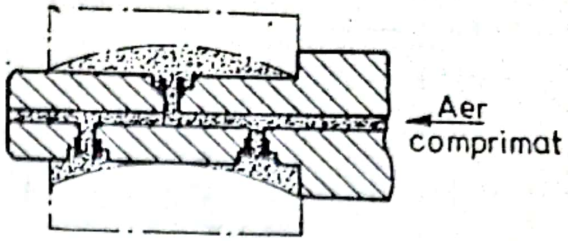


Fig. 5.2. Schema de măsurare a abaterilor de la cilindricitate cu aparate pneumatice de măsurare (Mahr-RFG).

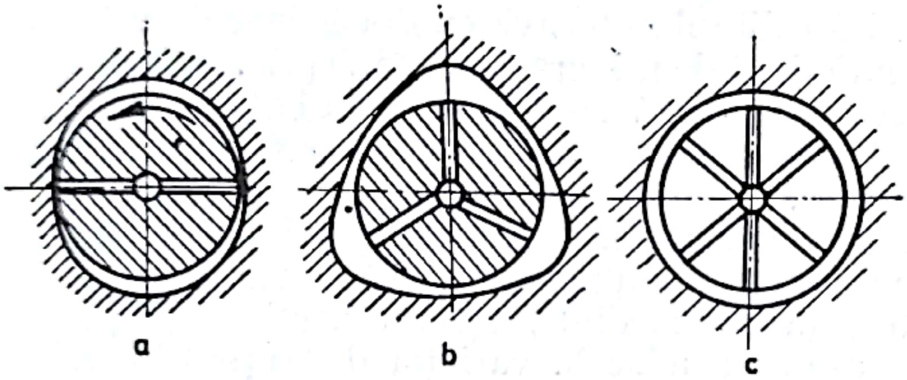


Fig. 5.3. Schema controlului abaterilor de formă a alezajelor în secțiune transversală pe axa piesei.

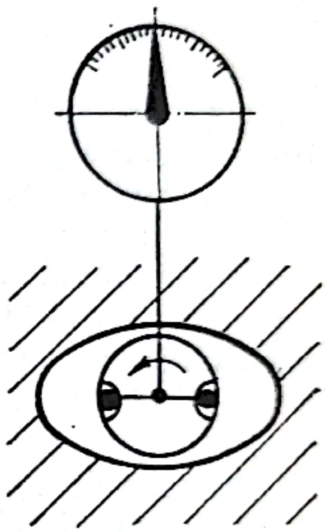


Fig. 5.4. Schema măsurării abaterilor de la circularitate cu aparate pneumatice de măsurare (Johansson-Suedia).

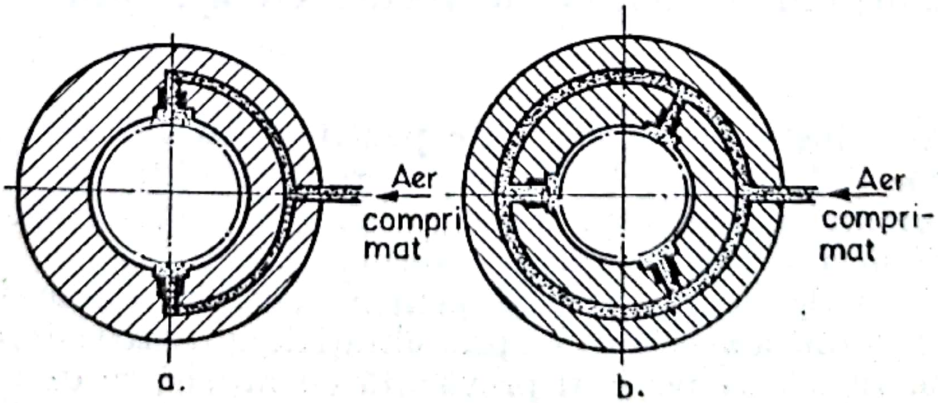


Fig. 5.5. Schema controlului abaterilor de formă a arborilor cilindrici:
a — cu două duze de măsurare; *b* — cu trei duze de măsurare.

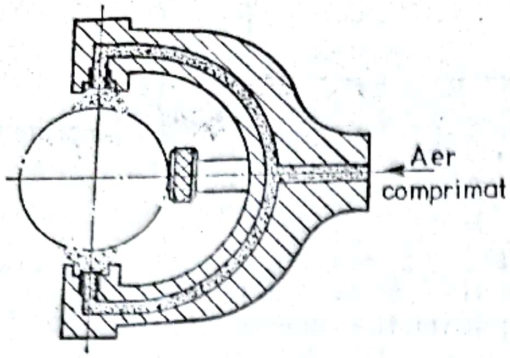


Fig. 5.6. Schema de control a arborilor cu calibrul pneumatic cu două duze de măsurare.

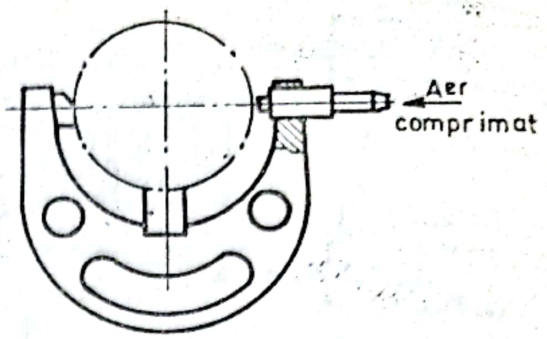


Fig. 5.7. Schema de control a arborilor cu calibrul pneumatic cu o duză de măsurare.

cu contact, prin utilizarea aparatelor de măsurare prevăzute cu calibre potcoavă pneumatice.

Astfel se poate utiliza calibrul potcoavă cu două duze de măsurare (fig. 5.6) sau cu o singură duză de măsurare (fig. 5.7) [17].

Cu calibrul potcoavă din fig. 5.7 se pot măsura abateri ale diametrului pînă la 100 μm. Reglarea la zero a calibrului se face cu ajutorul calibrelor tampon cilindrice.

Există calibre potcoavă pneumatice (fig. 5.8) [36], la care contactul dintre suprafețele de măsurare și suprafața de măsurat se face direct, cu suprafețele *1*, legate prin intermediul porțiunii elastice *2*. Abaterile diametrului piesei de măsurat conduc la variația distanței dintre duza de măsurare *3* și suprafața *4*, solidară cu corpul calibrului.

O altă construcție de calibru potcoavă reglabil, dată în fig. 5.9, este prevăzută cu duza de măsurare *1*, piulița de reglare *4* și șurubul *3*, cu piulița *2* pentru retragerea palpatorului mobil.

5.4. Controlul abaterilor de formă cu ajutorul instalațiilor automate

Utilizarea instalațiilor automate pentru controlul abaterilor de la forma geometrică conduce la creșterea productivității controlului și la mărirea posibilităților de combinare a operațiilor de control dimensional cu cele de control al abaterilor de formă.

O schemă de montaj simplă pentru controlul dimensional și al abaterilor de formă a arborilor, cu posibilități de automatizare, este redată în fig. 5.10. Instalația poate fi prevăzută cu un sistem de semnalizare electrică, după schema din fig. 5.11, care oferă posibilitatea de măsurare pe baza controlului activ.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, dacă dimensiunea măsurată este superioară celei prescrise, atunci interstițiul dintre duza de măsurare și suprafața piesei de măsurat scade iar presiunea din camerele *1* și *2* a contactelor de comutare crește. Ca urmare, ambele comutatoare se vor închide în poziția superioară, cu aprinderea lămpii superioare verde.

Cînd dimensiunea controlată este în limitele cîmpului de toleranță, presiunea nu este suficientă pentru ridicarea camerei *1* și comutatorul închide contactul inferior.

În acest caz, curentul va trece prin cele două comutatoare și se va aprinde lampa albă, din mijloc.

Dacă dimensiunea este prea mică, presiunea scade rapid și camerele *1* și *2* vor ocupa poziția inferioară, cu aprinderea lămpii roșii.

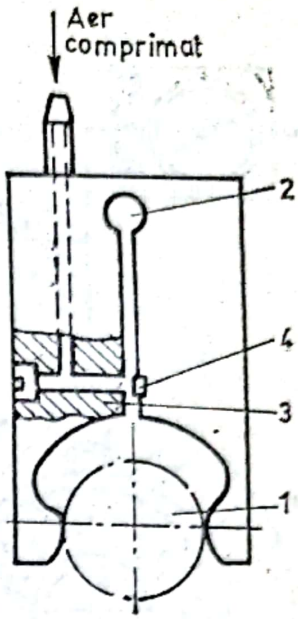


Fig. 5.8. Calibru potcoavă pneumatic cu contact direct.

Reglarea presiunii de comutare, pentru limitarea cîmpului de toleranță prescris piesei de măsurat, se face cu resorturile *3*, care trebuie să asigure contactelor o sensibilitate mare în domeniul de măsurare și o bună fidelitate a măsurărilor.

Un domeniu cu o largă aplicabilitate a instalațiilor automate pentru control și sortare, este industria automobilelor și a rulmenților.

Astfel, pentru controlul simultan al diametrelor bolțurilor de piston se poate utiliza instalația redată în fig. 5.12, care asigură și sortarea pe grupe a pieselor.

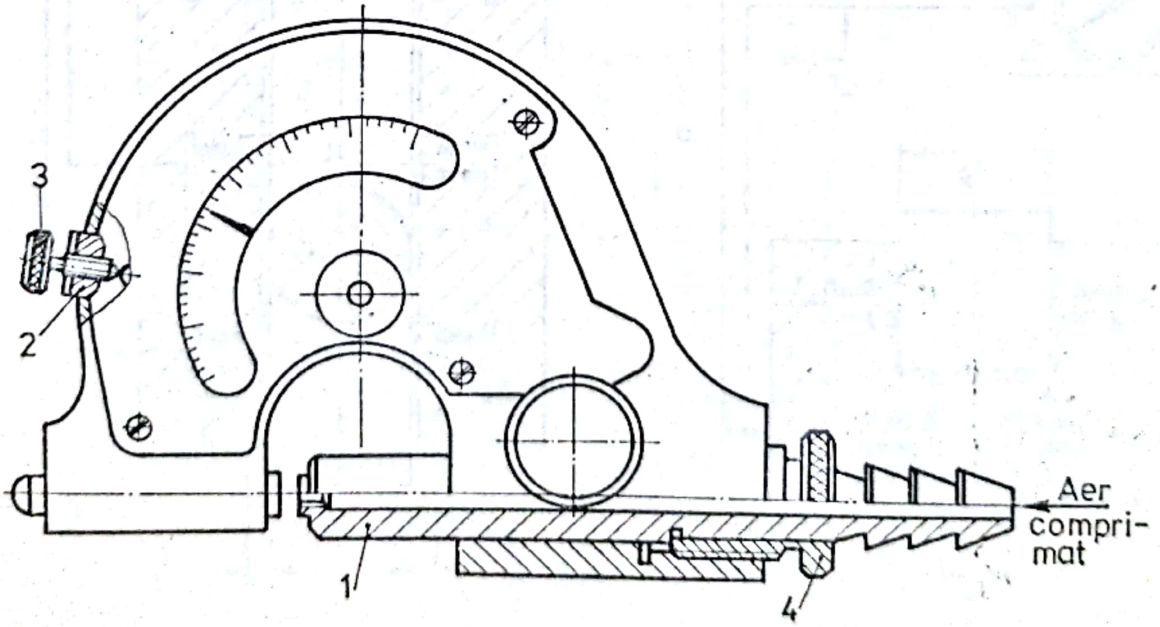


Fig. 5.9. Calibru potcoavă reglabil.

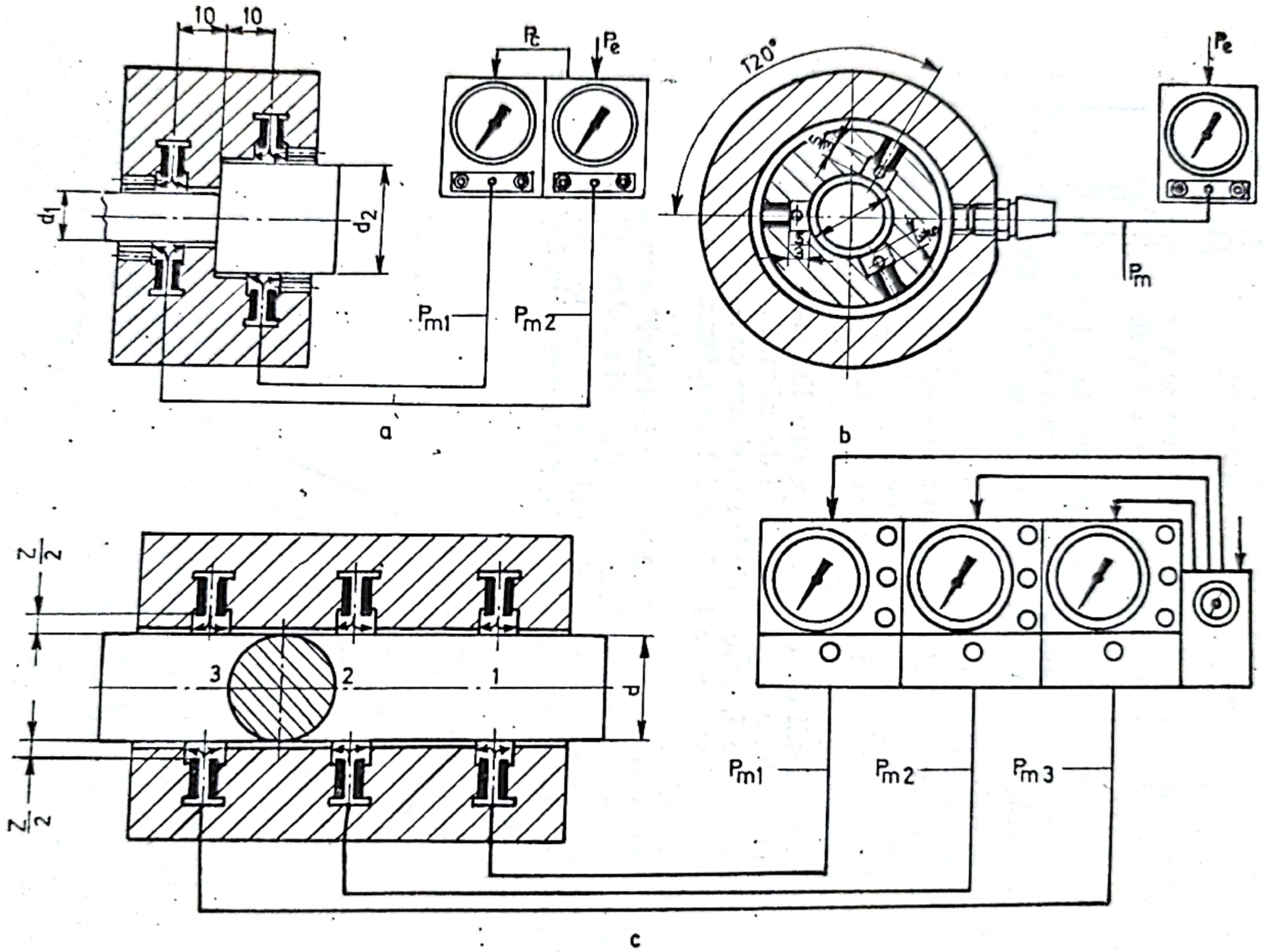


Fig. 5.10. Schema instalației pneumatice de măsurare pentru controlul multidimensional al arborilor:

a — pentru arbori cilindrici în trepte; *b* — pentru controlul abaterilor de formă în secțiune transversală pe axa piesei; *c* — pentru controlul arborilor cilindrici netezi.

Scanned with OKEN Scanner

Duzele de măsurare *11* sînt amplasate, în raport cu suprafața piesei *10*, în diverse secțiuni de măsurare, sub un unghi de 120°. Sortarea pieselor în patru grupe de dimensiuni se face cu ajutorul traductoarelor cu mercur *1*, *2* și *4*. Uniformizarea presiunii aerului se face în camerele de distribuție *7*, *9* și *12*, corespunzătoare fiecărei secțiuni de măsurare. Traductoarele sînt prevăzute cu contactele electrice *5*, reglate la diferite înălțimi, corespunzătoare grupelor de sortare.

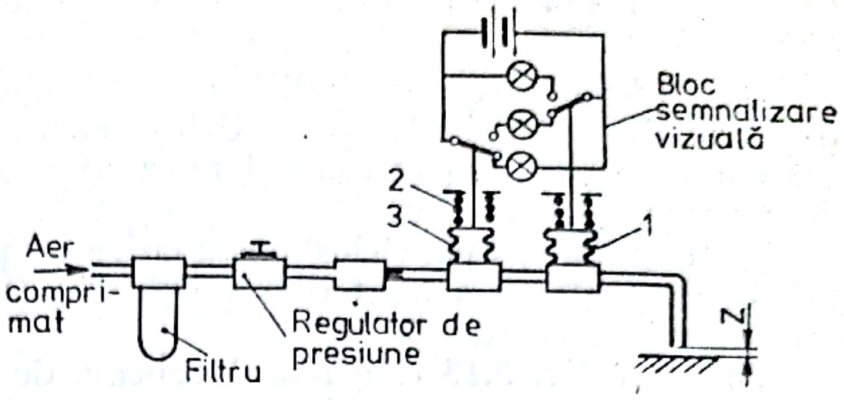


Fig. 5.11. Schema instalației de măsurare pentru control dimensional cu semnalizare electrică.

Măsurarea abaterilor de la forma geometrică se face cu traductoarele diferențiale *3*, *6* și *8*, conectate între duzele dintre două secțiuni, asigurîndu-se o eroare limită de măsurare la sortare de 1,5 μm.

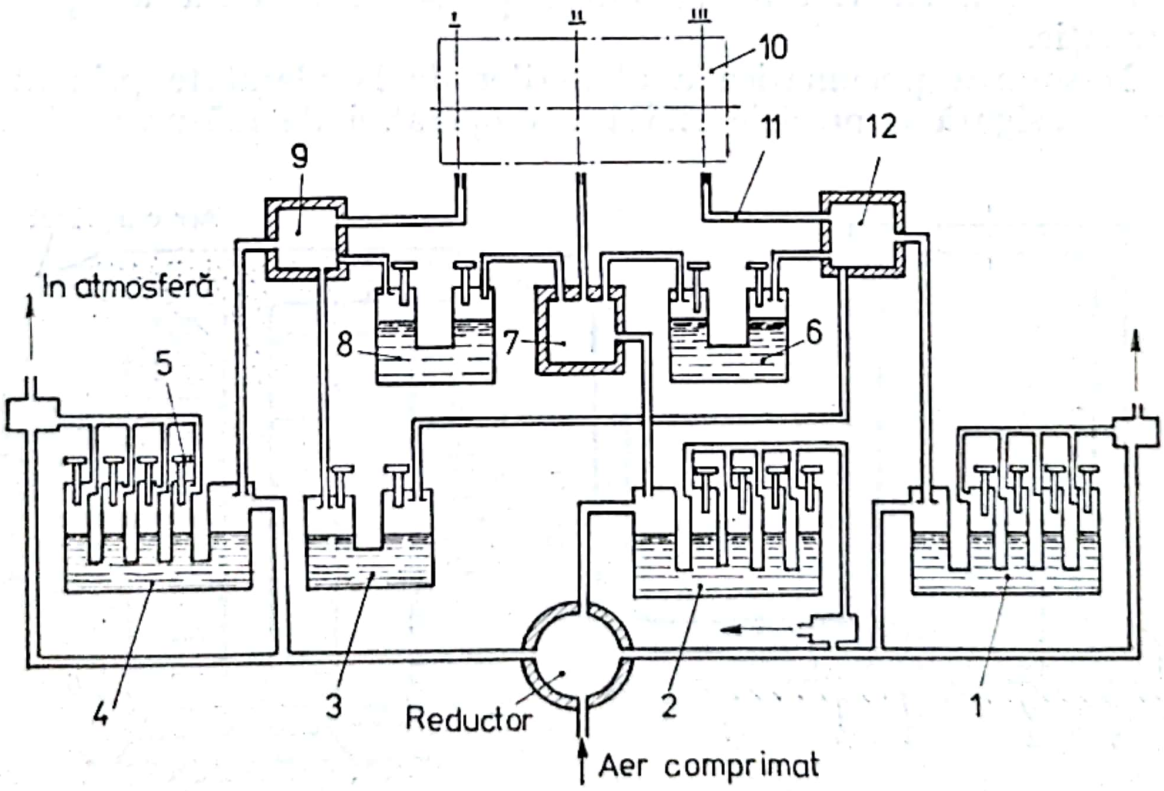


Fig. 5.12. Instalație de control și sortare a diametrelor bolțurilor de piston.

Scanned with OKEN Scanner

5.5. Controlul planității cu aparate pneumatice

În STAS 6679-62 sînt indicate metodele de măsurare ale abaterilor de la rectilinitate și planitate. Utilizarea aparatelor pneumatice este recomandată pentru controlul și măsurarea abaterilor de la planitate de maximum 0,05 mm.

Prin folosirea aparatelor pneumatice se permite înregistrarea sub formă de diagramă a abaterilor de la planitate ale profilului real ale suprafeței controlate.

Astfel în fig. 5.13 este redată schema de măsurare a abaterilor de la planitate cu ajutorul unui aparat pneumatic de măsurare după principiul presiunii joase (cu manometru), [5].

Traductorul de măsurare *3* al aparatului pneumatic de măsurare *6* se introduce între piesa de măsurat *5* și suprafața plană a riglei de verificare *1*; suprafața activă a piesei de măsurat este așezată pe două cale *2*. Suprafața reazemului *r* asigură contactul dintre capul de măsurare și suprafața piesei de măsurat, iar stabilitatea capului este asigurată de suporții *4*. Deplasarea rectilinie a capului de măsurare se face de-a lungul plăcii de verificare cu ajutorul plăcii de ghidare *7*.

Mărimea abaterilor de la rectilinitate și planitate ale suprafeței de măsurat conduce la variația interstițiului de aer *z* dintre palpator și riglă, iar valorile se citesc pe scara gradată a aparatului pneumatic.

Măsurarea pneumatică a abaterilor de la planitate prin această metodă asigură o precizie ridicată a operației de măsurare deoarece

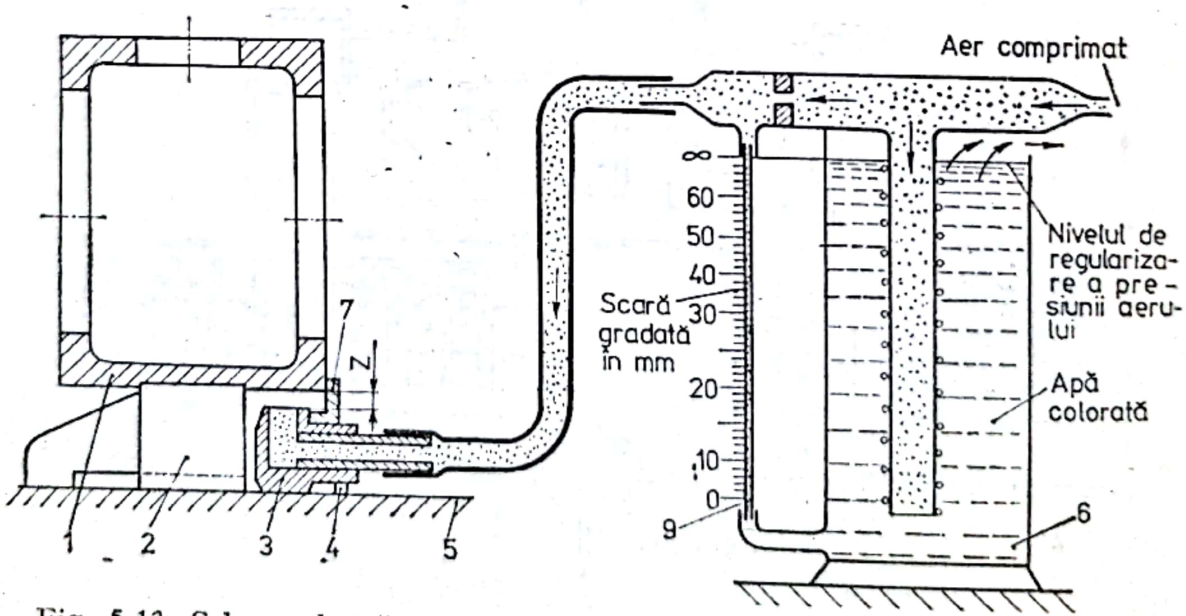


Fig. 5.13. Schema de măsurare a abaterilor de la planitate cu aparat pneumatic de joasă presiune (cu manometru).

se poate asigura un raport mare de amplificare și o precizie de citire ridicată. Aparatele pneumatice de măsurare , care au raportul de amplificare 1/5 000 (există aparate cu raportul de 1/20 000) și jocul z egal cu 0,001 mm, pot înregistra grafic valorile jocului. Totodată, aceste aparate de măsurare nu introduc deformații suplimentare la piesele cu care sînt în contact, sînt robuste și simplu de manipulat.

Dintre dezavantajele folosirii acestor aparate pneumatice de măsurare pot fi amintite: dificultatea exploatării, inerția mare și existența posibilității de introducere a erorilor suplimentare cauzate de starea de curățenie a suprafețelor active care participă nemijlocit la măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 6

Aparate de măsurare pentru controlul grosimilor

6.1. Măsurarea grosimii benzilor

La laminarea benzilor, un element important îl constituie controlul permanent al grosimii materialului laminat. În felul acesta se va putea ca, în cazul apariției abaterilor peste limitele admisibile, să se intervină imediat pentru reglarea instalației. Reglarea se poate face manual sau automat.

Pentru indicarea grosimii benzilor în timpul laminării se recomandă utilizarea metodelor pneumatice de măsurare. Metodele pneumatice de control al grosimii benzilor se bazează pe măsurarea variației presiunii sau a debitului de aer, determinată la rîndul său de variația dimensiunii de controlat.

Dacă aerul ieșit dintr-o duză este proiectat pe o suprafață așezată în vecinătatea duzei (v. cap. 2, fig. 2.2), se produce o presiune de refulare. La o presiune constantă a aerului, obținută printr-o duză calibrată, presiunea de refulare depinde de distanța dintre duză și materialul de măsurat. Dacă se utilizează două duze opuse (fig. 6.1), cu ajutorul unei scheme pneumatice diferențiale, se poate obține o diferență de presiune, care depinde de grosimea materialului între cele două duze.

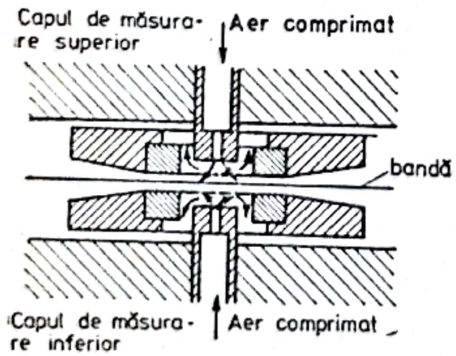


Fig. 6.1. Traductorul de măsurare pentru metoda diferențială de măsurare.

Măsurarea grosimii benzilor se poate face atît prin contact, cît și fără contact. Metoda de măsurare prin contact se recomandă numai pentru viteze mici ale benzilor și este utilizată în special la fabricarea cauciucului [8].

Scanned with OKEN Scanner

6.1.1. *Măsurarea grosimii benzilor nemetalice*

Pentru verificarea grosimii benzii în timpul laminării se folosesc role care menţin contactul permanent cu banda de măsurat.

În fig. 6.2 este redată schema unei instalaţii de măsurare a grosimii benzilor prin contact. Banda *1* trece prin cele două role *2* şi *3*. Rola *2* este fixată la brida de măsurare *4* iar rola *3* la braţul oscilant *5*. Distanţa sistemului de măsurare format din rola *3*, braţul oscilant *5* şi duza de măsurare *6*, pînă la rola fixă *2* poate fi reglată cu ajutorul şurubului de reglare *7*.

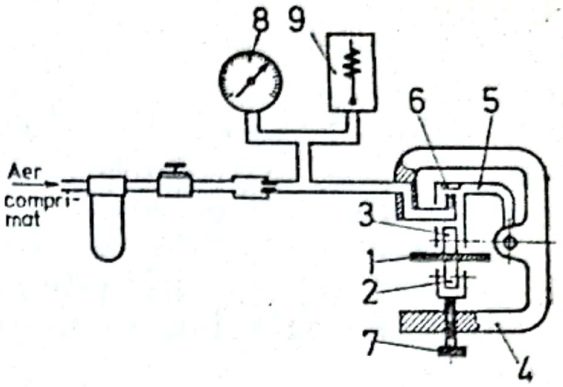


Fig. 6.2. Schema instalaţiei de măsurare a grosimii benzii prin contact.

Dacă grosimea benzii se modifică, atunci rola mobilă *3* se deplasează faţă de rola fixă *2* schimbînd mărimea fantei dintre suprafaţa braţului oscilant şi suprafaţa frontală a duzei fixată la brida de măsurare. Această modificare a înălţimii fantei este semnalată de aparatul indicator şi înregistrată de aparatul înregistrator *9*.

Prin înregistrarea grosimii benzii se asigură un control permanent în timpul laminării. În loc de a trece banda în vederea măsurării printre cele două role, grosimea benzii poate fi măsurată direct pe cilindrul de oţel pe care trece banda (placa de cauciuc) cu dispozitivul de măsurare reprezentat schematic în fig. 6.3.

În suportul *1* este aşezată rola *2*, care se roteşte pe cilindrul *3* (rulează) şi menţine constantă distanţa suportului faţă de generatoarea cilindrului. Tot în suport se fixează braţul oscilant *4* şi rola *5* care ia contact cu banda de măsurat *6*. Duza de măsurare *7* este aşezat în suport astfel încît între suprafaţa frontală a acestuia şi suprafaţa *8*, care se găseşte pe braţul oscilant, se formează o fantă. Mărimea fantei poate fi reglată cu şurubul *9*. Dacă cu şurubul de reglare se stabileşte dimensiunea nominală a grosimii benzii, atunci eventualele abateri de la grosime, ce apar în timpul deplasării benzii pe cilindru, sînt semnalate de aparatul pneumatic de măsurare, care se află în legătură cu duza de măsurare.

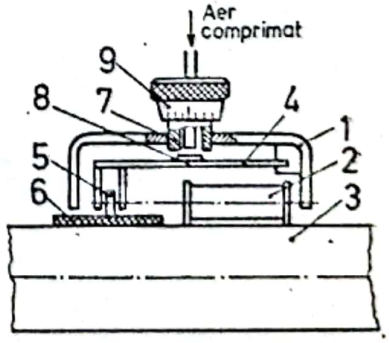


Fig. 6.3. Măsurarea grosimii benzii pe cilindrul de lucru.

Aparatele descrise se folosesc pentru un domeniu de măsurare pe scara de indicaţie de

±100 μm și au o precizie de 10 μm. Domeniul de măsurare este de aproximativ 6 mm. Pentru materialele fabricate sub formă de foi (benzi) subțiri, de exemplu din acetat de celuloză, din polietilenă sau din policlorură de vinil, controlul grosimii cu aproximație de 1 sau 2% este necesar din motive tehnice și economice.

Cînd grosimea foilor (benzilor) de măsurat este de 100 μm sau mai mică, instalația de măsurare trebuie să asigure o precizie mai mică de ± 1μm. Această precizie este greu de obținut datorită faptului că materialul este moale și ușor deformabil în contact cu dispozitivul de măsurare.

Utilizarea unui sistem pneumatic cu duze cu suflare directă, la presiune joasă, constituie o soluție corespunzătoare.

O instalație pentru măsurarea continuă, în timpul fabricării foilor subțiri, de 60 cm lățime, este reprezentată schematic în fig. 6.4.

Foaia *1*, care iese din instalația de laminare, trece peste cilindrul de oțel *2* a cărui suprafață reprezintă baza de referință pentru măsurare.

Duzele de măsurare *3* (în număr de 16), egal distanțate de-a lungul lățimii foii, sînt montate pe traversa *4*, care vine în contact cu cilindrul la extremitățile sale.

Prin așezarea traversei direct pe cilindru, erorile datorită rotirii excentrice sînt eliminate. Duzele sînt îndreptate de-a lungul razei cilindrului și aerul lovește suprafața superioară a foii, astfel încît grosimea

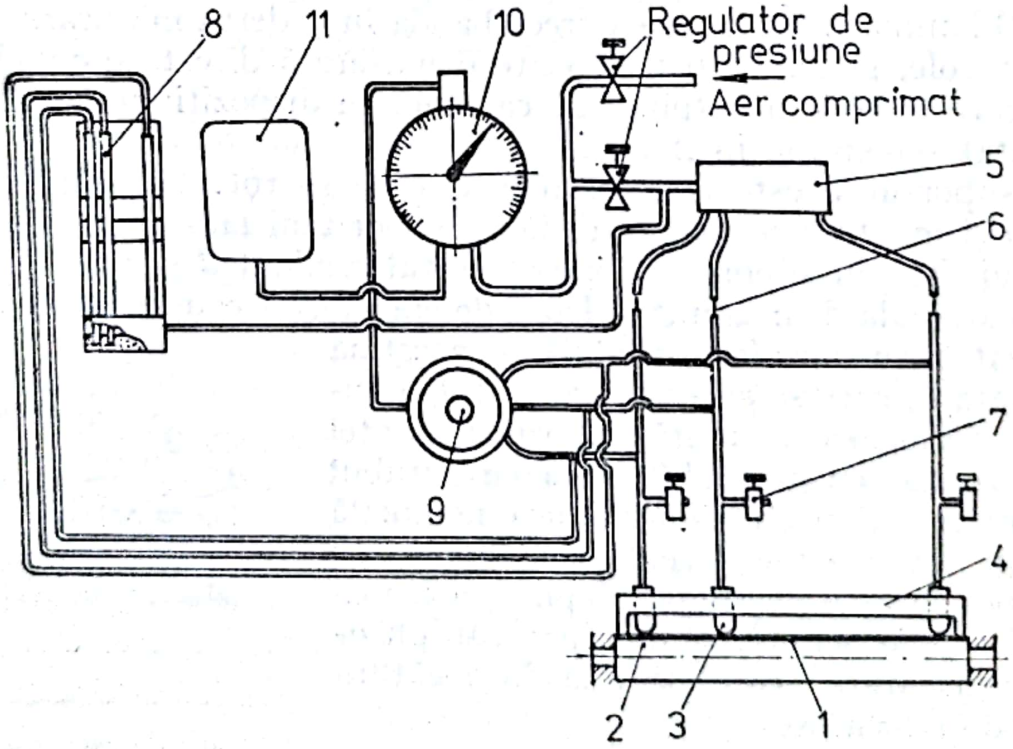


Fig. 6.4. Schema instalației pentru măsurarea continuă, în timpul fabricației, a foilor subțiri.

acesteia reglează mărimea interstițiului de aer. Duzele sînt alimentate de la o sursă de aer comprimat comună *5*, la o presiune constantă de 0,15 daN/cm² iar rezistențele locale *6* din fiecare circuit cu duză sînt reglate pentru a da aceeași sensibilitate instalației pneumatice de măsurare.

Robinetele de scurgere *7* asigură reglarea fină la zero. Presiunea din fiecare circuit este măsurată de către un manometru cu apă *8*. Cele 16 manometre sînt gradate, astfel încît nivelul apei indică la o amplificare considerabilă profilul grosimii de-a lungul lățimii foii. Instalația asigură de asemenea înregistrarea continuă a variației grosimii pe lungimea foii. Prizele de presiune duc de la fiecare circuit cu duză la o supapă selectoare *9*, care permite ca orice circuit individual să fie conectat prin intermediul unui amplificator *10* la un aparat înregistrator al presiunii *11*.

Manometrele cu apă dau o amplificare de 12 500 pe un domeniu de măsurare de 25 μm. Amplificarea aparatului de înregistrat este de 3 500. Pentru a exclude din citirile manometrului variațiile de scurtă durată de-a lungul lungimii, care ar putea perturba indicarea profilului grosimii de-a lungul lățimii, în coloanele cu apă sînt introduse elemente amortizoare. Acestea dau o constantă de timp de aproximativ 15 secunde. Nu se folosește nici o amortizare suplimentară în sistemul înregistrator, care are o constantă de timp de circa 1 secundă.

La această instalație, factorii care influențează precizia sînt poziția traversei de montaj a duzelor pe cilindru și contactul dintre foaie și cilindru. Fig. 6.5 reprezintă o secțiune a traversei și cilindrului prin punctele de contact de la una din extremități. Traversa are în secțiune forma unui Y inversat, iar contactul cu cilindrul se face prin tampoanele *1* din bronz sinterizat, impregnate cu politetrafluoretilenă, fixate la blocurile de oțel *2*. Există patru asemenea blocuri, cîte două la fiecare capăt al cilindrului. Între fiecare bloc și suprafață de așezare pe traversă este introdus un distanțier, din oțel, de mărime cunoscută, iar întregul ansamblu este strîns împreună cu un șurub *4*.

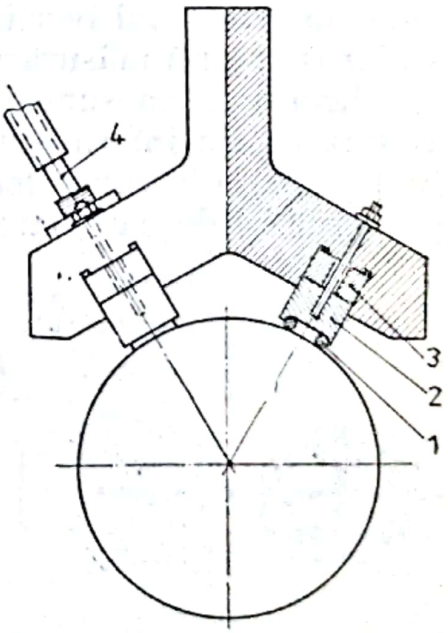


Fig. 6.5. Secțiune prin traversă și cilindru în zona de contact.

Distanțierele permit ca grosimea absolută a foii să fie determinată după cum urmează: aparatul este mai întîi montat folosindu-se distanțiere de 6 mm grosime, cînd reglarea se face în gol și cînd aerul provenit de la duze, lovește direct suprafața cilindrului. Apoi se reglează duzele (folosind robinetele de scurgere pentru reglare fină)

Scanned with OKEN Scanner

în așa fel ca nivelul manometrelor cu apă să fie la diviziunea zero a scării.

Distanțierele de 6 mm se înlocuiesc apoi cu distanțiere a căror grosime este mai mare cu o valoare egală cu grosimea nominală a foii de măsurat, adică în cazul foii de 0,05 mm, trebuie folosite distanțiere de 6,05 mm.

Cînd foaia este introdusă, gradația zero corespunde cu grosimea foii de 0,05 mm, iar abaterile de la aceasta grosime pot fi citite direct. Trebuie menționat că această metodă de măsurare în afară de faptul că înlătură necesitatea unor etaloane precise de grosime mică, permite și evitarea influenței erorilor de formă ale cilindrului, de exemplu forma conică sau forma bombată. Specificarea esențială pentru cilindru este ca acesta să fie un corp de revoluție prelucrat corespunzător, și acest lucru nu este greu de realizat prin rectificarea între vîrfuri.

În ce privește contactul dintre foaie și cilindru este important ca materialul să fie suficient de flexibil pentru a lua forma profilului cilindrului. Deci există o limitare a grosimii maxime ce poate fi măsurată, aceasta depinzînd de natura materialului. În cazul acetatului de celuloză sau a polietilenului, intervalul grosimilor este de circa 0,5 mm.

Aparatul descris mai înainte asigură o precizie de măsurare de $\pm 0{,}25 \mu m$.

6.1.2. *Măsurarea grosimii benzilor metalice*

La viteze mai mari ale benzilor și ale suprafețelor netede de măsurare, așa cum este cazul benzilor și tablelor subțiri din industria metalurgică, este mai precisă măsurarea fără contact.

Erorile de măsurare care pot apărea în cazul transmiterii valorilor măsurate prin intermediul rolelor, la fanta dinaintea duzei de exemplu (v. fig. 6.2), din cauza forțelor de inerție a rolelor, a jocurilor din lagăre și a pîrghiei de basculare sînt înlăturate în cazul măsurării fără contact.

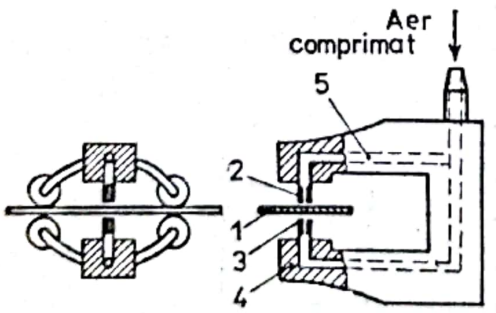


Fig. 6.6. Schema dispozitivului de măsurare a grosimii benzii fără contact.

Pentru măsurarea fără contact se poate folosi, de exemplu, dispozitivul reprezentat schematic în fig. 6.6.

Banda de controlat *1* se mișcă liber între cele două duze *2* și *3*, care sînt fixate în brida *4*. Pentru ca aparatul de măsură să lucreze în domeniul liniar, este necesar ca în fiecare caz distanța minimă dintre suprafața frontală a duzelor și suprafața materialului de controlat să rămînă aceeași. Cele două duze

Scanned with OKEN Scanner

sînt puse în legătură prin conducta de aer *5* iar valorile sînt înregistrate simultan la aparatul indicator.

Banda sau tabla trebuie să fie adusă în apropierea duzelor de măsurare cu ajutorul rolelor pentru a evita lovirea duzelor în cazul mișcării benzii.

Pentru ca suprafața materialului de controlat să fie lipsită de orice impurități la locul de măsurare, se folosesc pentru asemenea măsurări numai procedeele care lucrează cu presiune înaltă. Pentru a putea urmări cu exactitate modificarea grosimii benzii sau tablelor în tot timpul procesului de prelucrare este necesar să se racordeze și un aparat înregistrator.

Eroarea de măsurare ce se obține în cazul măsurării benzilor (tablelor) fără contact este de 1—2 μm, eroare ce poate fi considerată suficientă pentru asemenea scopuri.

În fig. 6.7 este reprezentată schema de principiu a unui dispozitiv cu traductoare pneumatice pentru controlul grosimii benzilor. Aerul comprimat (de la sursă) ajunge la regulatorul de presiune *1* de unde, prin robinetele de dozare *2*, ajunge la manometrul *3* și mai departe, prin tubul de cauciuc *4*, la calibrul pneumatic de reglare *5*, care realizează măsurarea grosimii benzii *6*. Capul manometric conține două lichide și anume: apă — pentru controlul vizual cu ajutorul manometrului cu apă *7* și mercur — pentru semnalizarea ce se realizează cu ajutorul contactelor din interiorul tuburilor *8*, cufundate în mercur. Dacă mercurul închide contactul „plus", prin releul R_2 se conectează lampa *9* și soneria *10* care semnalizează că dimensiunea benzii de controlat a depășit limita superioară a cîmpului de toleranță. Deschiderea contactului *minus* întrerupe curentul din releul R_1 ale cărui contacte conectează soneria și lampa *11*, care semnalizează că dimensiunea benzii a depășit limita inferioară a cîmpului de toleranță. Dacă dimensiunea benzii se află în limitele cîmpului de toleranță, contactul *minus* este închis iar contactul *plus* este deschis, ceea ce determină conectarea lămpii din mijloc *12*.

Înainte de măsurare, banda de controlat din oțel *6* este trecută prin dispozitivul de ștergere *13*, format din mai multe discuri de fetru presate pe bandă prin intermediul resortului *14*.

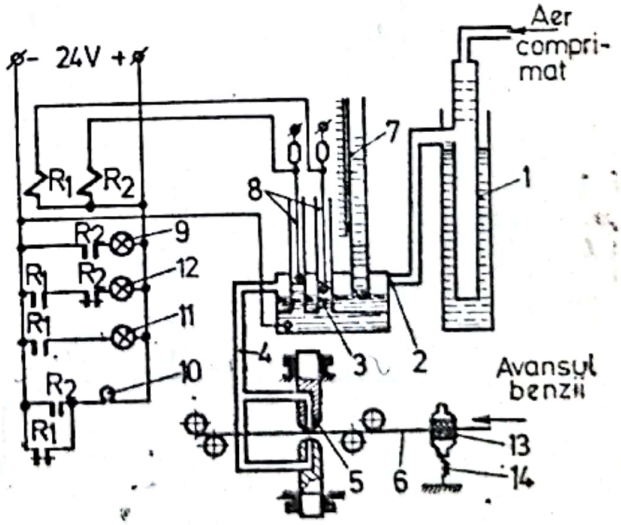


Fig. 6.7. Schema dispozitivului cu traductoare pneumatice — avînd contacte cu mercur, pentru măsurarea grosimii benzilor.

În fig. 6.8 este reprezentată schema unui dispozitiv cu traductoare diferențiale pneumatice pentru controlul grosimii benzilor obținute prin laminare la rece.

Banda de controlat *1* se deplasează sub acțiunea a două perechi de role: de sprijin *2* și de apăsare *3*. În spațiul dintre rolele de sprijin este așezată duza inferioară de măsurare *4*, iar între rolele de apăsare este așezată duza superioară *5*, a cărei poziție de lucru se reglează cu șurubul micrometric *6*.

Dacă grosimea benzii depășește toleranța la dimensiune, se modifică distanța totală dintre suprafețele benzii și suprafețele duzelor. Variația distanței totale, prin care se scurge aerul, determină modificarea presiunii în camera *7*. În camera *8* se menține o contrapresiune constantă, a cărei valoare se determină prin reglarea deschiderii supapei *9* cu ajutorul șurubului *10*.

Diferența de presiune dintre camerele *7* și *8* (tuburi metalice gofrate care se pot ușor comprima și destinde în direcție axială) determină devierea corespunzătoare a acului indicator *11* în fața scalei *12*. Acul indicator este prevăzut cu o peniță *13* pentru înregistrarea rezultatelor măsurării pe banda de hîrtie mobilă *14*.

Prin această metodă se poate asigura o eroare de măsurare de 1 μm.

În fig. 6.9 este reprezentată schema de principiu a unui dispozitiv electropneumatic — cu membrană — pentru controlul grosimii benzilor.

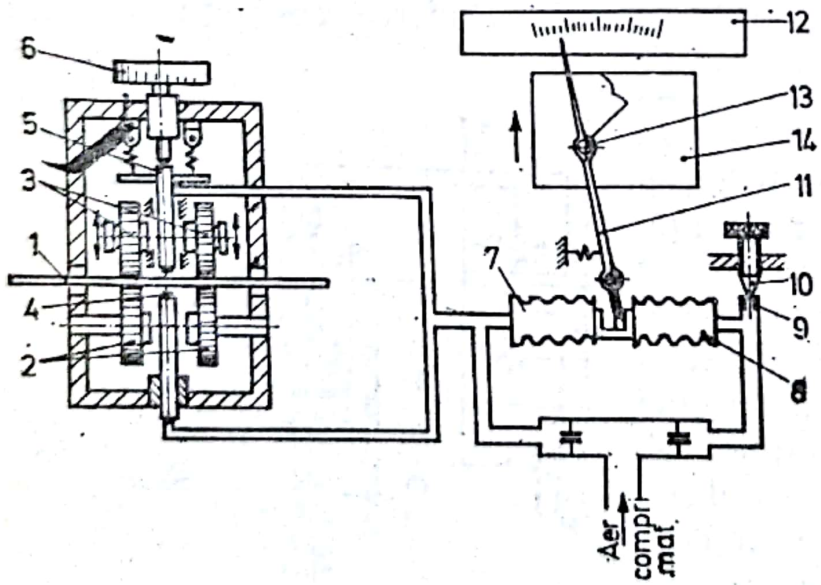


Fig. 6.8. Schema dispozitivului cu traductoare diferențiale pneumatice, cu silfon, pentru controlul grosimii benzilor.

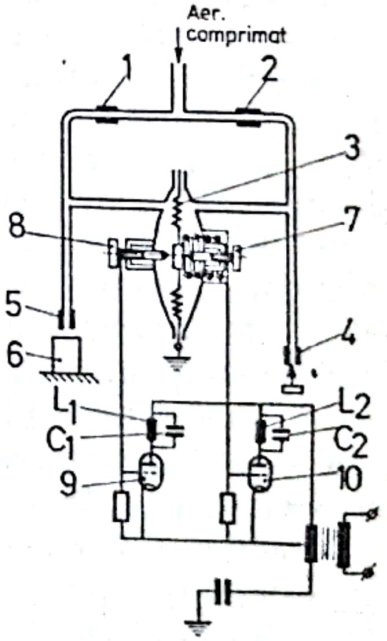


Fig. 6.9. Schema dispozitivului electropneumatic de măsurare cu membrană pentru controlul grosimii benzilor.

Aerul sub presiune trece prin orificiile *1* și *2* și ajunge în cavitățile de pe ambele părți ale membranei *3*, după care iese în atmosferă prin orificiul reglabil *4*, precum și prin spațiul existent între duza de măsurare *5* și piesa de controlat *6*. Orificiile se reglează astfel încît atunci cînd dimensiunea piesei de controlat nu depășește limitele cîmpului de toleranță, deformarea membranei să nu fie suficientă pentru a închide contactele *7* sau *8*. Dacă însă dimensiunile de controlat depășesc limitele cîmpului de toleranță atunci se închide contactul *7* sau *8*. Prin închiderea unuia dintre aceste contacte, tubul electronic *9* sau *10* se blochează și întrerupe alimentarea unuia dintre cei doi electromagneți L_1 sau L_2, care comandă dispozitivele de sortare.

Pentru reducerea pulsațiilor curentului care trece prin înfășurările electromagneților, cînd tuburile electronice sînt deschise, în paralel cu înfășurările se conectează condensatoarele C_1 și C_2.

În afara dispozitivului descris există construcții electropneumatice cu membrană la care introducerea aerului este unilaterală iar echilibrarea presiunii pe membrană se obține cu un arc antagonist. Acest tip de dispozitiv necesită menținerea precisă a presiunii constante a aerului.

În fig. 6.10 este reprezentată schema de principiu a unui dispozitiv pneumatic pentru măsurarea grosimii benzilor metalice. Dispozitivul de măsurare împreună cu traductorul pneumo-electric de înaltă presiune AEROPAN B-IV este foarte indicat la montarea pe instalații de laminat la rece, pentru a efectua controlul grosimii benzilor în timpul laminării (fig. 6.11). Banda de controlat *1* (fig. 6.10) se mișcă continuu printre cele două duze de măsurat *2*. Variația grosimii benzii schimbă mărimea fantei de aer dintre duză superioară de măsurare și suprafața superioară a benzii. În timp ce mărimea fantei dintre duza de măsurare inferioară și suprafața inferioară a benzii este menținută constantă prin presarea lagărelor cu rulmenți *3*. Presiunea de măsurare este suficient de mare pentru ca banda de controlat să fie curățată, la locul de măsurare, de lichidele de răcire și ungere, precum și de alte impurități.

Dispozitivul de măsurare este realizat sub forma unui paralelogram care poate oscila în plan vertical și care se montează pe un batiu rigid *4*. Batiul împreună cu placa de fixare *5* este fixat pe ghidajul instalației de laminare. Condiția de a realiza o măsurare care să nu fie influențată

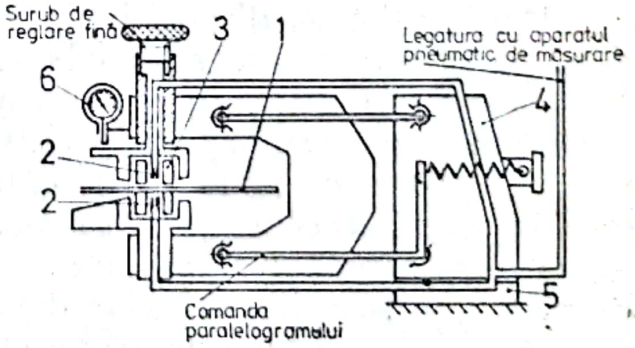


Fig. 6.10. Dispozitiv pneumatic pentru măsurarea grosimii benzilor (traductor de măsurare).

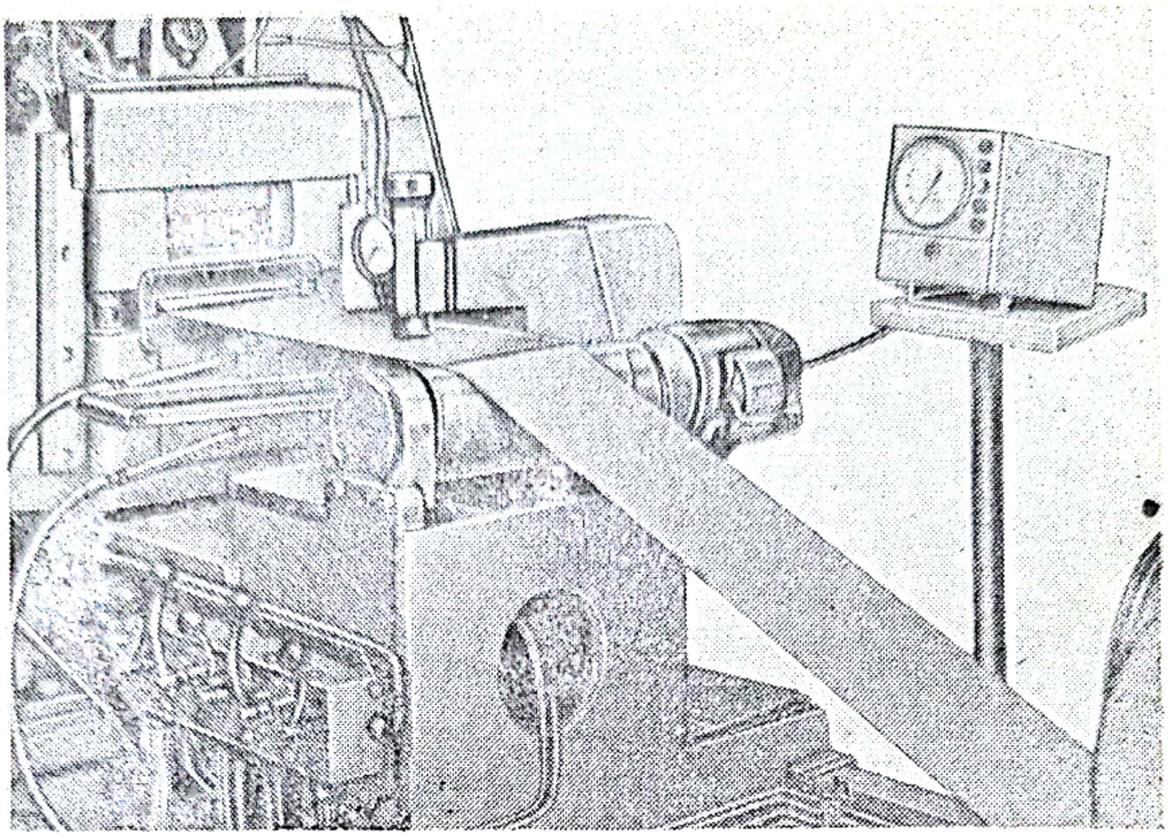


Fig. 6.11. Dispozitiv pneumatic pentru măsurarea grosimii benzilor montat pe o instalație de laminare.

de schimbarea poziției materialului laminat, este aceea de a realiza o trecere fără vibrații a benzii metalice prin zona de măsurare. Aceasta se realizează cu ajutorul unor cilindri de rezemare, montați în stînga și, respectiv, dreapta dispozitivului de măsurare (fig. 6.11). Valoarea nominală a grosimii benzii se reglează, înainte de fiecare măsurare, la comparatorul cu cadran *6*.

La cerințe ridicate de precizie, acest reglaj trebuie făcut cu ajutorul unei piese etalon.

După aducerea dispozitivului în poziția de măsurare, deviațiile față de valoarea nominală a grosimii benzii pot fi citite la traductor (AEROPAN B-IV), și se poate corija corespunzător distanța dintre cilindrii laminorului. Cu ajutorul dispozitivului de reglare al traductorului de măsurare, forța de contact cu banda laminată poate fi reglată astfel încît oscilațiile traductorului de măsurare să fie minime.

Pentru a realiza o montare în condiții de siguranță a dispozitivului de măsurare se utilizează cele două limitatoare.

Depășirea limitelor de toleranță reglate este indicată de către lămpile semnalizatoare. În afară de aceasta, contactele prevăzute la acest dispozitiv permit să se atașeze la traductorul de măsurare (AEROPAN B-IV)

Scanned with OKEN Scanner

o instalație de comandă a distanței dintre cilindrii laminorului, care intră în acțiune în momentul depășirii limitelor de toleranță reglate în prealabil.

Dispozitivul pneumatic pentru măsurarea grosimii benzilor are următoarele caracteristici tehnice: domeniul de reglare 0—6 mm; valoarea diviziunii scării comparatorului cu cadran este de 0,01 mm; cursa liberă a suprafeței duzei superioare de măsurare este de 4 mm; viteza maximă de înaintare a benzii 6 m/s; gabaritul exterior al dispozitivului de măsurare este 135 mm lățime, 610 mm lungime, 425 mm înălțime și masa 45 kg. Domeniul de măsurare al aparatului indicator cu înaltă presiune (AEROPAN) este 100 μm, respectiv 200 μm.

6.2. Măsurarea pieselor prismatice

În cazul măsurărilor precise de laborator a etaloanelor, calelor planparalele etc., la care eroarea de măsurare trebuie să fie de ±0,025 μm, sau chiar mai mică, se recomandă de asemenea utilizarea dispozitivelor pneumatice.

6.2.1. *Măsurarea în laborator a unui cub*

Pentru a măsura variațiile distanței dintre fețele opuse ale unui cub aproape perfect, din carbură de wolfram, cu o eroare de măsurare de ±0,025 μm, pe o lungime de 90 mm, s-a folosit sistemul pneumatic ilustrat în fig. 6.12. Duzele *1* și *2* îndreptate spre fețele opuse ale cubului de măsurat *3* sînt fixate într-un compas confecționat din invar, montat pe un cărucior care poate fi deplasat pentru a aduce duzele în orice punct de pe fețele cubului. Duzele sînt puse în legătură cu o rezistență locală comună *4*, astfel încît presiunea variabilă în sistem este presiunea combinată de la ambele duze. Variațiile de presiune sînt măsurate de un manometru diferențial *5*, legat în derivație cu o rezistență locală, reacționînd astfel la diferența dintre presiunea de lucru constantă (0,35 daN/cm²) și presiunea variabilă la duze. Datorită neliniarității inerente a caracteristicilor de curgere prin duză, apare o eroare dacă,

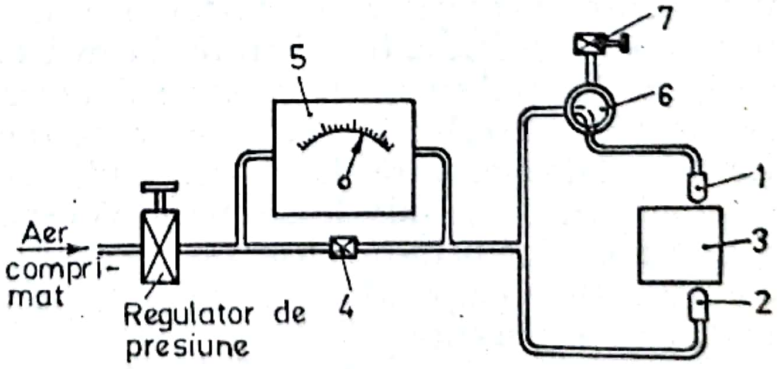


Fig. 6.12. Schema dispozitivului pneumatic pentru măsurarea variației de distanță a fețelor opuse ale unui cub.

atunci cînd compasul se deplasează, ajutajele sînt deplasate apreciabil în așa fel încît unul să se miște spre, iar celălalt să se depărteze de suprafața cubului.

Pentru a realiza o eroare de măsurare în limitele de $\pm 0{,}025$ μm, orice deplasare de acest fel nu trebuie să depășească 0,25 μm. De aceea, se adoptă un dispozitiv prin care una din duze poate fi folosită pentru a indica deplasarea ce se produce. Acesta cuprinde robinetul cu două căi *6*, care este introdus în țeava de alimentare în așa fel încît scurgerea să fie orientată spre robinetul de scurgere *7*, reglat inițial pentru o anumită presiune de lucru. Cu acest dispozitiv au fost efectuate măsurări de-a lungul fiecărcia dintre cele trei axe principale ale cubului, în 100 puncte pe fiecare față într-o rețea de 10×10. Eroarea de fidelitate la măsurare (cu o reglare strînsă a temperaturii întregului aparat) a fost obținută în limitele a $\pm 0{,}025$ μm, folosind o amplificare totală de 20 000. Abaterea efectivă obținută la măsurare a fost mai mică de 0,25 μm.

6.2.2. *Măsurarea calelor plan-paralele*

Calele plan-paralele se întrebuințează des în industria constructoare de mașini și aparate și menținerea unor etalonări precise a acestor cale plan-paralele este o atribuție importantă a laboratoarelor metrologice. Există o practică uzuală să se măsoare cele mai precise cale plan-paralele, de dimensiuni pînă la 25 mm, cu o eroare mai mare de 0,025 μm prin interferometrie optică, în timp ce calele mai puțin precise se măsoară cu o eroare de $\pm 0{,}075$ μm prin comparare cu cale plan-paralele de precizie superioară la un comparator corespunzător.

Ambele metode necesită personal cu calificare superioară, iar metoda interferometrică, deși asigură o măsurare directă în funcție de etalonul fundamental de lungime, este destul de greu de aplicat în practică. În domeniul care în prezent este rezervat comparatoarelor s-ar obține importante avantaje dacă s-ar folosi o instalație automată care să dea rezultatele sub formă înregistrată și care să asigure o eroare de măsurare de $\pm 0{,}025$ μm. Astfel, o mare parte din lucrările ce se execută în prezent cu interferometrul s-ar putea executa cu ajutorul acestor instalații. Elementul de măsurare al comparatorului automat trebuie să fie de înaltă sensibilitate. El trebuie de asemenea să permită introducerea și scoaterea ușoară a calelor plan-paralele, fără a deteriora suprafețele precis finisate ale acestora. Comparatorul pneumatic automat (fig. 6.13) îndeplinește toate aceste exigențe.

Cala plan-paralelă *1* (fig. 6.13) se reazemă pe cele două suporturi *2*, ale căror suprafețe superioare sînt rotunjite și lepuite pentru a asigura un contact cît mai precis. Duza *3*, orientată spre suprafața inferioară

Scanned with OKEN Scanner

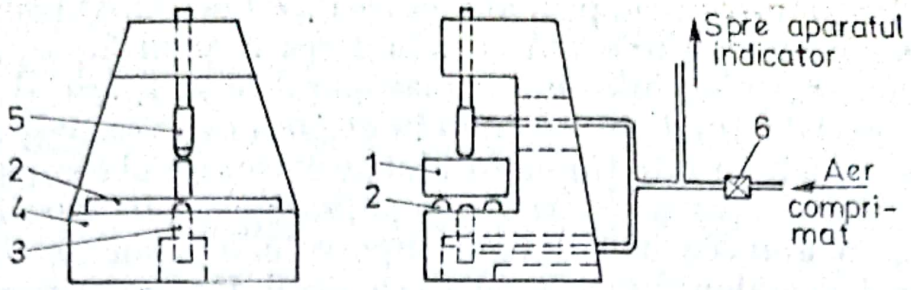


Fig. 6.13. Schema comparatorului automat cu dispozitiv pneumatic pentru măsurarea calelor plan-paralele.

a calei este fixată în cadrul *4*, între suporturi, iar cealaltă duză *5*, orientată spre suprafața superioară a calei este reglabilă, astfel încît se pot monta cale plan-paralele de diferite mărimi. Ambele duze sînt legate prin rezistența locală comună *6*, astfel încît presiunea variabilă în sistem este presiunea combinată de la ambele duze. Se folosește o presiune de lucru constantă de 0,7 daN/cm², iar valoarea medie a presiunii variabile la duză este de 0,49 daN/cm². Sensibilitatea aparatului este de așa natură încît o variație de 2,5 μm a dimensiunii calei dă o variație de presiune de 0,05 daN/cm². La această sensibilitate, jocul mediu între fiecare duză și suprafața calei plan-paralele este de 10 μm, iar duza inferioară este reglată sub planul suporturilor calei, cu aceeași mărime.

Măsurarea se face prin compararea unei cale cu alta, de aceeași dimensiune nominală, care a fost măsurată anterior prin metoda interferometrică. Cele două cale se așază pe suporturi și, fiecare, este introdusă pe rînd, prin alunecare, în poziția de măsurare, între duze. Este important ca aceste cale să fie precis așezate între duze, astfel că nici una să nu se deplaseze mai mult spre o duză și să se depărteze de cealaltă. Încercările au arătat că poziția calelor pe suporturi este fidelă în limitele a $\pm 0{,}05$ μm, ceea ce este corespunzător pentru o măsurare cu o eroare de $\pm 0{,}025$ μm. Folosindu-se un manometru cu apă, s-a stabilit că atunci cînd o singură cală plan-paralelă se introduce în mod repetat între duze, eroarea de fidelitate la măsurare este de $\pm 0{,}005$ μm. Încercările la o serie de perechi de cale plan-paralele au arătat că diferența de mărime indicată între calele din fiecare pereche poate fi reprodusă în limitele a $\pm 0{,}01$ μm. Prin măsurarea ambelor cale plan-paralele din fiecare pereche în prealabil prin interferometrie, s-a putut stabili o diferență de mărime în limita a $\pm 0{,}025$ μm. Diferențele, așa cum au fost indicate de instalația pneumatică, au fost în concordanță cu această cifră.

Aceste rezultate au arătat clar că comparatorul pneumatic poate asigura o precizie suficientă pentru a constitui un element de măsurare corespunzător pentru o instalație automată. În afară de aceasta, intro-

Scanned with OKEN Scanner

ducerea calelor plan-paralele prin alunecarea lor de-a lungul suporturilor de poziție este o metodă indicată la acționarea mecanică.

Pentru aceasta, perechile de cale plan-paralele se așază și se fixează în suporturi speciale, fiind trecute apoi în ordinea descrescîndă a mărimii calelor plan-paralele în fața traductorului de măsurare al comparatorului.

Construcția suporturilor permite ca suprafețele inferioare ale calelor plan-paralele să alunece de-a lungul suportului de poziție între duze. Cala plan-paralelă etalon ajunge la duze cea dintîi. Un servosistem reglează duza superioară pentru a se adapta la mărimea calei plan-paralele și se ține seama (automat) în sistemul de măsurare de abaterea cunoscută de la dimensiunea nominală a calei plan-paralele etalon. După ce s-au efectuat aceste operații, se deplasează înainte suportul aducînd cala plan-paralelă de măsurat între duze. Sistemul de măsurare care sesizează diferența de dimensiune dintre cala plan-paralelă etalon și cala plan-paralelă de măsurat indică abaterea de la dimensiunea nominală a celei din urmă, iar acest rezultat poate fi înregistrat, de exemplu, prin imprimare directă. Suportul este apoi predat la magazia de recepție, perechea următoare de cale plan-paralele fiind adusă în poziție și ciclul de operații repetîndu-se.

Instalația descrisă (prototip) a fost concepută pentru măsurarea celor 78 cale plan-paralele din trusa E 81 (engleză). Astfel, orice garnitură engleză sau metrică, conținînd cale plan-paralele între 1 in. (25,4 mm) și 0,04 in. (1,016 mm), cu orice alegere nominală a intervalelor de dimensiuni, poate fi măsurată la instalație prin simpla reglare a unor întrerupătoare de limită sau printr-o modificare a raportului de transmitere în traductorul de măsurare.

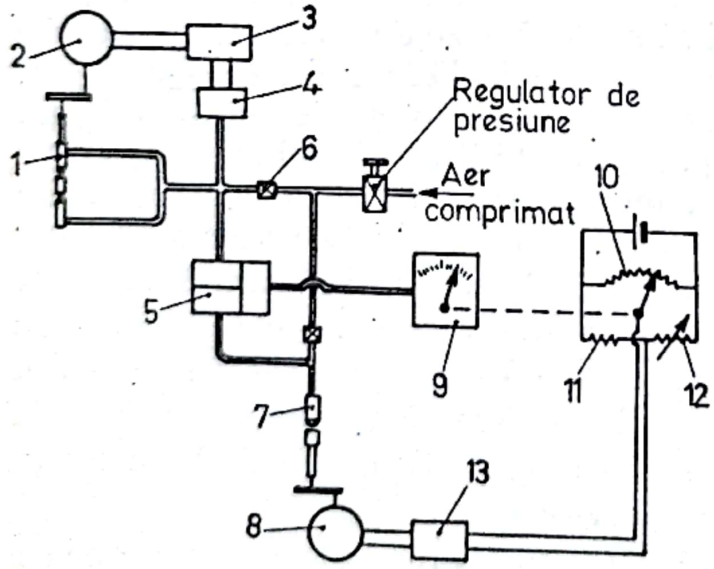


Fig. 6.14. Schema sistemului de măsurare a comparatorului automat.

Prin această metodă timpul necesar pentru măsurarea celor 78 cale plan-paralele din trusa E 81 a fost apreciat la circa o oră.

La acest sistem de măsurare (fig. 6.14), duza superioară *7* este montată pe un ghidaj cu șurub, acționat prin angrenaje reductoare de către un servomotor *2*. Acest motor este comandat, prin intermediul amplificatorului *3*, de traductorul electromagnetic *4*, a cărui tensiune de ieșire este zero cînd presiunea p_1 la duză are valoarea medie. Astfel,

Scanned with OKEN Scanner

cînd cala plan-paralelă de referință este introdusă între duze, duza superioară se reglează automat, pînă cînd p_1 atinge valoarea sa medie. Presiunea p_1 este alimentată de la una din părțile unui sistem diferențial de presiune *5*; la partea cealaltă presiunea este provenită de la un sistem auxiliar ce cuprinde elementul *6* și o duză *7* la care scăparea aerului este reglată de dispozitivul de reglare *8*, acționat de un motor.

Presiunea de ieșire de la sistem este proporțională cu diferența de presiune ($p_1 - p_7$) și o variație a diferenței de presiune de 0,05 daN/cm² determină o variație a presiunii de ieșire de 0,85 daN/cm². Presiunea de ieșire este citită la un aparat indicator *9*, al cărui ac indicator este cuplat cu peria de contact a unui potențiometru *10*, care constituie unul din brațele unui circuit cu punte de curent continuu. Celălalt braț al punții cuprinde rezistența fixă *11* și rezistența *12* care poate lua oricare dintre o serie de valori, în funcție de poziția întrerupătorului selector automat (care nu apare în schemă). Debitul punții comandă dispozitivul de reglare *8* acționat de un motor, prin intermediul unui amplificator *13*.

Cînd presiunea p_1 la duză a atins în comparator valoarea sa medie, motorul *2* este decuplat și motorul *8* cuplat. Motorul *8* funcționează pînă cînd puntea de curent continuu este echilibrată de debitul variabil al sistemului, iar poziția de echilibru și, deci, citirea indicațiilor la echilibru, este determinată de valoarea aleasă a rezistenței. Valoarea acestei rezistențe este aleasă în așa fel încît citirea indicatorului la echilibru să arate abaterea cunoscută de la dimensiunea nominală a calei plan-paralele de referință; de exemplu, dacă dimensiunea efectivă a unei cale plan-paralele de 5 mm dimensiune nominală este de 5,0001 mm, indicatorul arată +0,0001 mm. Cînd poziția de echilibru este atinsă, motorul *8* este decuplat și cala plan-paralelă de referință este scoasă automat din comparator și înlocuită prin cala plan-paralelă de măsurat. Presiunea p_7 rămîne la valoarea sa reglată, iar presiunea p_1 variază cu o cantitate proporțională cu diferența de dimensiune a calei plan-paralelă în curs de măsurare față de cala plan-paralelă de referință. Indicatorul înregistrează deci o nouă citire, dînd abaterea de la dimensiunea nominală a calei plan-paralele de măsurat. De exemplu, dacă noua citire este —0,0001 mm, dimensiunea calei plan-paralele este de 4,9999 mm.

Succesiunea operațiilor este reglată prin relee electromagnetice în așa fel dispuse încît oricînd să fie posibilă executarea mai multor operații în același timp. De exemplu, în timp ce una dintre perechile

Scanned with OKEN Scanner

de cale plan-paralele este în curs de măsurare, următoarea pereche se aduce în poziția de măsurare.

Construcția mecanică a capului de măsurare depinde de încercarea sistemului de reglare, astfel că aceste încercări pot fi efectuate folosind un traductor de măsurare simulat, în care duzele au aceleași caracteristici ca acelea care vor fi folosite în final. S-a constatat că operația de importanță determinantă a reglării, adică reglarea duzei și corectarea erorii calei plan-paralele de referință, are o eroare de fidelitate de $\pm 0{,}005$ µm, această cifră corespunzînd cu limita de rezoluție a potențiometrului, care impune o limitare specifică a sensibilității de reglare.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 7

Aparate de măsurare pentru controlul suprafețelor conice

Asamblările conice sînt larg răspîndite în construcția de mașini și aparate, datorită posibilităților lor de autocentrare, de reglare a jocului și de etanșare a asamblării.

Simbolizarea și definirea elementelor conurilor exterioare și interioare este reglementată prin STAS 2285-61.

Din larga categorie a aparatelor de măsurare, pentru controlul suprafețelor conice exterioare și interioare, fac parte și aparatele pneumatice de măsurare.

7.1. Măsurarea suprafețelor conice interioare

Un control productiv și simplu al alezajelor conice se poate efectua cu ajutorul calibrelor pneumatice conice. Această metodă de control a alezajelor conice nu necesită calcule speciale. Controlul dimensiunilor se face prin metoda comparativă. Aceste calibre tampon pneumatice (fig. 7.1) permit măsurarea alezajelor conice în două secțiuni bine determinate.

Calibrul pneumatic are două canale independente pentru circulația aerului, cîte unul la fiecare pereche de duze situate diametral (fig. 7.1). Perechea superioară de duze comunică între ele printr-o degajare circulară *1*, practicată în capacul *2*. Măsurarea se reduce la citirea diferenței de indicație (metodă relativă) pe cele două aparate pneumatice. Reglarea se face cu un calibru etalon.

Eroarea de măsurare a unghiului conului Morse 3, cu această metodă, este de $\pm$ 14″.

În cazul metodei diferențiale de măsurare a surafețelor conice interioare, ambele duze sînt

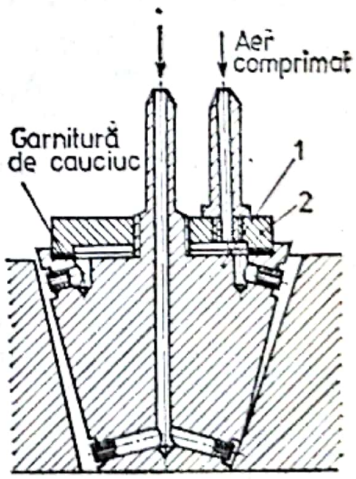


Fig. 7.1. Calibru tampon pneumatic pentru controlul alezajelor conice.

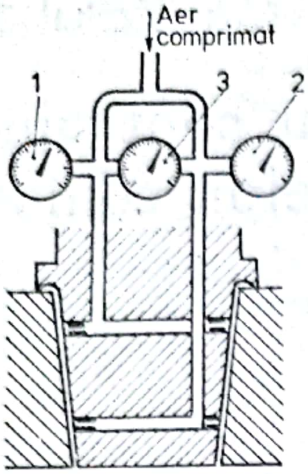


Fig. 7.2. Calibru tampon pentru controlul alezajelor conice:

1, 2 — indicarea diametrelor; *3* — indicarea unghiului conului.

cuplate (fig.7.2). În felul acesta se pot măsura rapid și comod suprafețele conice care au toleranțe diferite pentru unghiul conului și pentru diametrele acestuia (D, d). Dacă se verifică și rectilinitatea generatoarei conului, atunci se va folosi și a treia pereche de duze.

Dimensiunile alezajelor conice se pot controla de asemenea cu ajutorul calibrului conic pneumatic repezentat în fig. 7.3. Calibrul conic *1* are zece duze așezate diametral. În interiorul canalului axial al calibrului se deplasează tija *2*, prevăzută cu canale diametrale (găuri radiale) și unul longitudinal prin care aerul poate trece la fiecare pereche de duze. Prin deplasarea axială a tijei, găurile dispuse radial se aduc în dreptul fiecărei perechi de duze, controlîndu-se succesiv toate cele cinci diametre ale alezajului conic.

Găurile de ieșire ale canalului diametral al tijei sînt prevăzute cu garniturile *3*.

Măsurarea se execută cu ajutorul unui aparat pneumatic de măsurare cu rotametru. Aerul, sub presiune constantă, trece prin filtrele *4* și *6* și prin stabilizatoarele de presiune *5* și *7*, și intră în tubul conic de sticlă *8* în care se deplasează un plutitor metalic ușor *9*. Poziția plutitorului este determinată de debitul de aer: cu cît debitul de aer este mai mare, cu atît plutitorul se ridică mai sus.

La rîndul său, debitul de aer depinde de distanța dintre perechile de duze și peretele conic al piesei de măsurat. Citirea valorii dimensiunii măsurate se face după poziția muchiei superioare a plutitorului față de scala gradată *10*. Aparatul funcționează cu o presiune a aerului la intrare de 3...5 daN/cm². Acest aparat prezintă o serie de avantaje în comparație cu aparatele pneumatice cu manometru cu apă, deoarece:

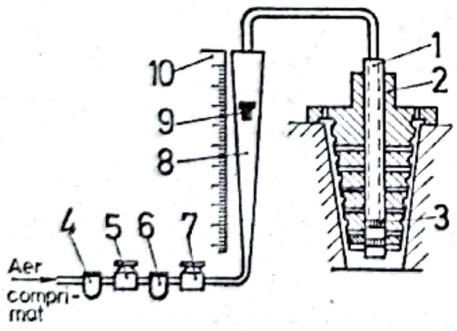


Fig. 7.3. Calibru tampon pneumatic cu rotametru pentru controlul dimensiunii alezajelor conice.

— presiunea aerului la locul de măsurare, fiind relativ mare, permite reducerea cerințelor privind puritatea suprafețelor controlate ale pieselor;

— are inerție relativ mică, practic imperceptibilă;

— prezintă uniformitate a scalei pentru întreg domeniul de măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

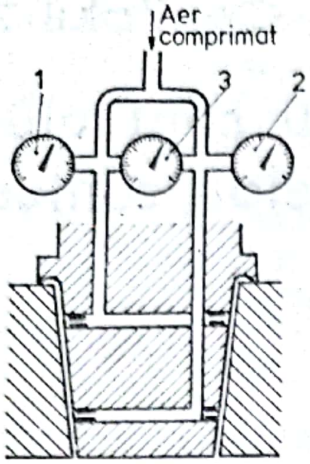


Fig. 7.2. Calibru tampon pentru controlul alezajelor conice:

1, 2 — indicarea diametrelor; *3* — indicarea unghiului conului.

cuplate (fig.7.2). În felul acesta se pot măsura rapid și comod suprafețele conice care au toleranțe diferite pentru unghiul conului și pentru diametrele acestuia (D, d). Dacă se verifică și rectilinitatea generatoarei conului, atunci se va folosi și a treia pereche de duze.

Dimensiunile alezajelor conice se pot controla de asemenea cu ajutorul calibrului conic pneumatic repezentat în fig. 7.3. Calibrul conic *1* are zece duze așezate diametral. În interiorul canalului axial al calibrului se deplasează tija *2*, prevăzută cu canale diametrale (găuri radiale) și unul longitudinal prin care aerul poate trece la fiecare pereche de duze. Prin deplasarea axială a tijei, găurile dispuse radial se aduc în dreptul fiecărei perechi de duze, controlîndu-se succesiv toate cele cinci diametre ale alezajului conic.

Găurile de ieșire ale canalului diametral al tijei sînt prevăzute cu garniturile *3*.

Măsurarea se execută cu ajutorul unui aparat pneumatic de măsurare cu rotametru. Aerul, sub presiune constantă, trece prin filtrele *4* și *6* și prin stabilizatoarele de presiune *5* și *7*, și intră în tubul conic de sticlă *8* în care se deplasează un plutitor metalic ușor *9*. Poziția plutitorului este determinată de debitul de aer: cu cît debitul de aer este mai mare, cu atît plutitorul se ridică mai sus.

La rîndul său, debitul de aer depinde de distanța dintre perechile de duze și peretele conic al piesei de măsurat. Citirea valorii dimensiunii măsurate se face după poziția muchiei superioare a plutitorului față de scala gradată *10*. Aparatul funcționează cu o presiune a aerului la intrare de 3...5 daN/cm². Acest aparat prezintă o serie de avantaje în comparație cu aparatele pneumatice cu manometru cu apă, deoarece:

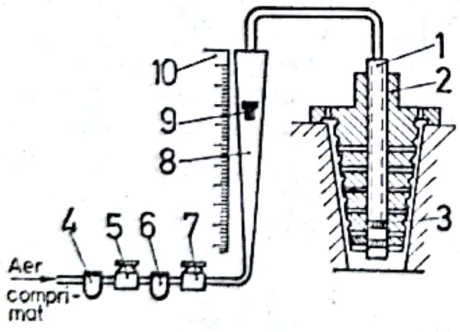


Fig. 7.3. Calibru tampon pneumatic cu rotametru pentru controlul dimensiunii alezajelor conice.

— presiunea aerului la locul de măsurare, fiind relativ mare, permite reducerea cerințelor privind puritatea suprafețelor controlate ale pieselor;

— are inerție relativ mică, practic imperceptibilă;

— prezintă uniformitate a scalei pentru întreg domeniul de măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

7.1.1. *Instalații automate pneumatice pentru măsurarea alezajelor conice*

Experiența folosirii dispozitivelor automate pentru controlul dimensiunilor în afara liniilor automate a arătat că acestea sînt eficiente cînd operațiile de control cu consum mare de timp sînt însoțite de sortarea pieselor pe grupe precise de dimensiune, în vederea montajului selectiv. În caz contrar, automatele pentru controlul pieselor finite nu este justificate totdeauna.

Un rol deosebit în automatizarea proceselor de muncă revine aparatelor pneumatice de măsurare.

În fig. 7.4 este reprezentată schema de principiu a unei instalații pneumoelectrice cu contact pentru controlul automat al suprafețelor conice interioare de la inelul exterior al rulmenților cu role conice.

Inelul conic *1* este rotit cu ajutorul unui ax și al unei mandrine electromagnetice.

Contactele de măsurare *2* și *3* sînt armate cu metal dur și, împreună cu duzele *4* și *5*, se pot deplasa sub acțiunea celor două arcuri în formă de paralelogram *6* și *7*. Contactele *2* și *3* sînt apăsate pe suprafața piesei de măsurat de către resortul *8*. Traductorul cu contact mobil *9* este fixat împreună cu traductorul *10* pe arcul *7*; sub acțiunea arcului *6* se deplasează suprafețele *11*, care se sprijină pe tijele traductoarelor. Odată cu variația jocului dintre duzele *4* și *5* și suprafața conică variază și presiunea aerului din conducta *12*, racordată la traductorul diferențial cu membrană *13*, care lucrează cu contrapresiune. Astfel, abaterile diametrale ale piesei, determinate de poziția reciprocă a contactelor *2* și *3*, se vor transmite la traductorul *10*, iar ovalitatea alezajului va fi recepționată de traductorul *9*.

Măsurarea diametrului piesei și a ovalității se efectuează cu ajutorul contactelor electrice, iar abaterile conicității alezajului se măsoară prin metoda pneumatică.

În concluzie, această instalație permite măsurarea a trei parametri: diametrul căii de rulare, ovalitatea și conicitatea acesteia.

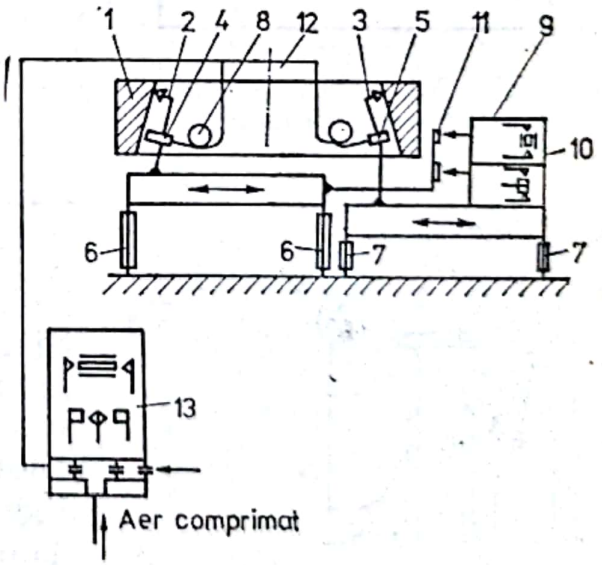


Fig. 7.4. Controlul automat al suprafeței conice interioare de la inelul exterior al rulmenților cu role conice.

7.2. Măsurarea suprafețelor conice exterioare

În fig. 7.5 este dată schema de măsurare a suprafețelor conice exterioare prin metoda diferențială. Ambele duze sînt cuplate la cele două părți ale aparatului pneumatic diferențial, reglat în prealabil la zero cu o piesă etalon. Prin variația interstițiilor z_1 sau z_1 de la valoarea reglată se schimbă nivelul mercurului din manomertul *1* în formă de U și se închid contactele *2* și *3*. Membrana *4* închide accesul mercurului pentru a nu fi eliminat prin orificiile superioare. Etanșeitatea aderării celor două suprafețe conice se verifică după gradul de scurgere a aerului printre ele.

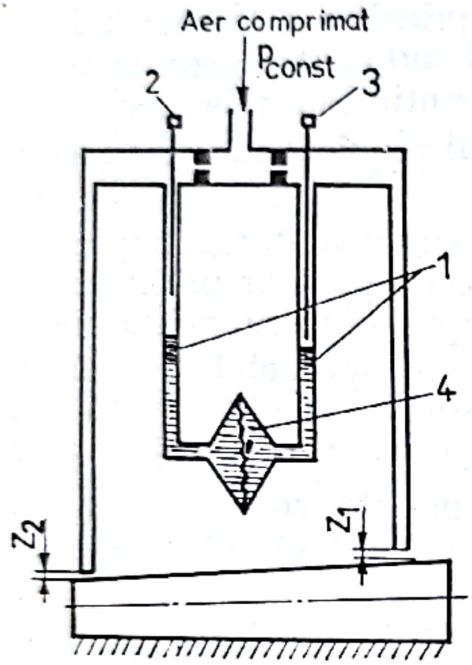


Fig. 7.5. Măsurarea suprafeței conice exterioare prin metoda diferențială.

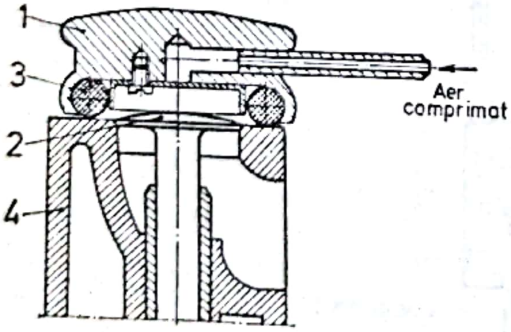


Fig. 7.6. Dispozitiv pneumatic pentru verificarea etanșeității supapei cu scaunul ei.

Pentru verificarea etanșeității dintre supapă și scaunul ei se poate utiliza dispozitivul pneumatic reprezentat în fig. 7.6.

Capul de măsurare *1* se așază pe capul supapei (în formă de ciupercă) *2* și se apasă pe acesta în așa fel încît garnitura de cauciuc *3* să închidă accesul aerului. Aerul, care intră în capul de măsurare, poate ieși în afară numai printre suprafețele conice ale supapei *2* și scaunului ei *4*. Cantitatea de aer ce se scurge printre cele două suprafețe în contact, determinată de indicațiile aparatului pneumatic de măsurare, indică gradul de etanșeitate dintre cele două suprafețe conice.

7.2.1. *Instalații automate pentru măsurarea suprafețelor conice exterioare*

La o instalație automată pentru controlul conicității mantalei pistonului (fig. 7.7), duzele pneumatice *1*, *2*, *3* și *4* se montează în piesele *5*, care pot fi deplasate în direcție transversală sub acțiunea unor arcuri (care nu se văd în schemă). Piesele *5* se aduc în contact cu suprafețele de măsurat prin intermediul reazemelor fixe *6*. Duzele *1* și *2* sînt amplasate în secțiunea transversală superioară iar du-

zele *3* și *4*-în secțiunea diametrală inferioară a conului. Amîndouă perechile de duze sînt legate la cele două părți ale traductorului diferențial *7*, fiind posibilă măsurarea diametrelor în ambele secțiuni.

Cînd diferența stabilită nu este respectată, se închide unul dintre contactele *8*.

Abaterile dimensionale ale pistonului nu denaturează rezultatele măsurărilor, deoarece piesele *5* se reglează corespunzător cu abaterea efectivă a diametrului.

Automatele pneumatice de măsurare pot fi utilizate, cu bune rezultate, și în cazul efectuării controlului multidimensional. Așa de exemplu, pentru controlul dimensiunilor inelului exterior al unui rulment conic cu role, se utilizează automatul pneumoelectric, reprezentat schematic în fig. 7.8. În aceasta schemă sînt reprezentate procedeele de măsurare a diametrelor interioare maxime și minime ale inelului exterior de la rulmentul conic cu role și diametrul său exterior în două secțiuni perpendiculare pe axă. Pentru această măsurare se folosesc contactele electrice *1* și *2*. Apoi se măsoară ovalitatea suprafeței exterioare cu ajutorul contactului *3* și conicitatea suprafeței exterioare a inelului cu ajutorul contactului *4*. În continuare se măsoară diametrul exterior în sec-

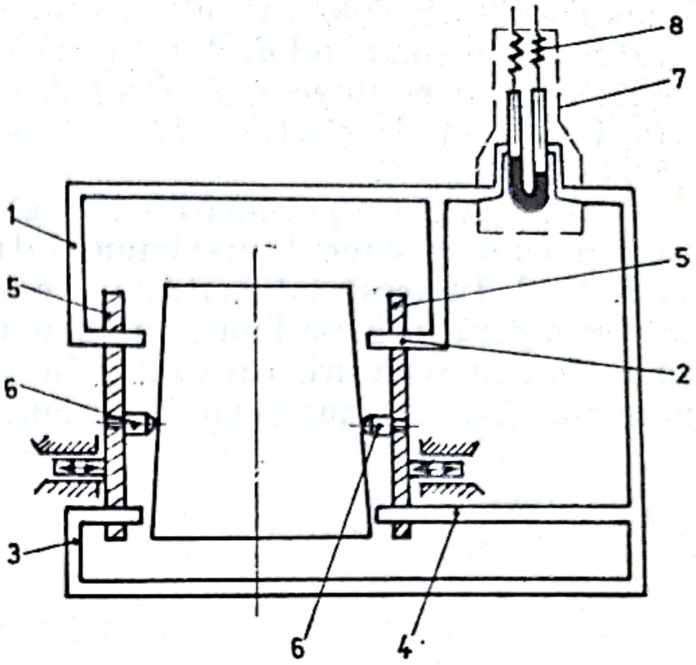


Fig. 7.7. Instalație automată pentru controlul conicității mantalei pistonului.

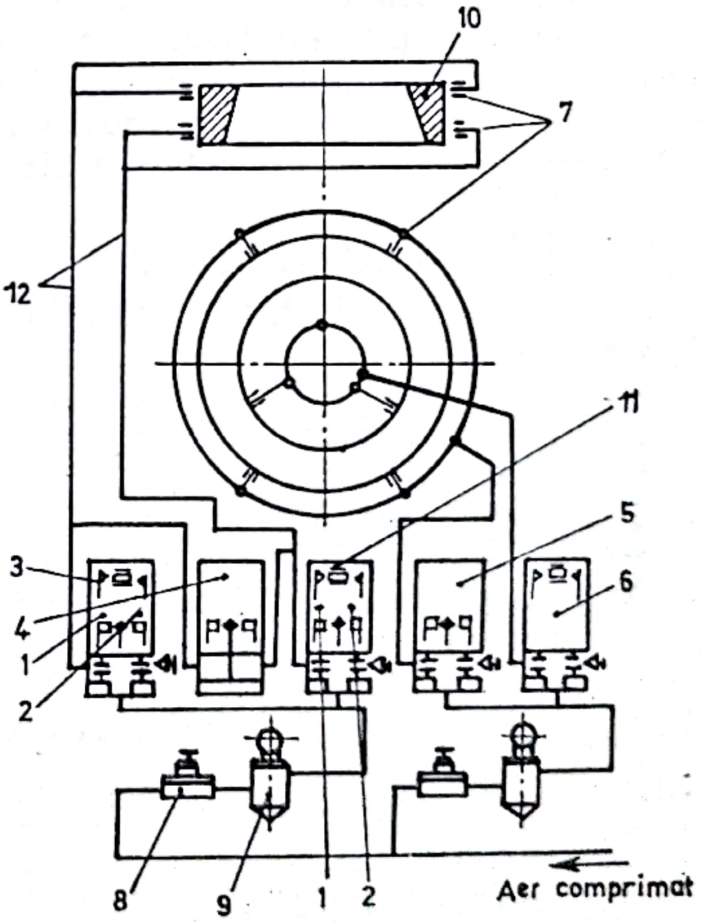
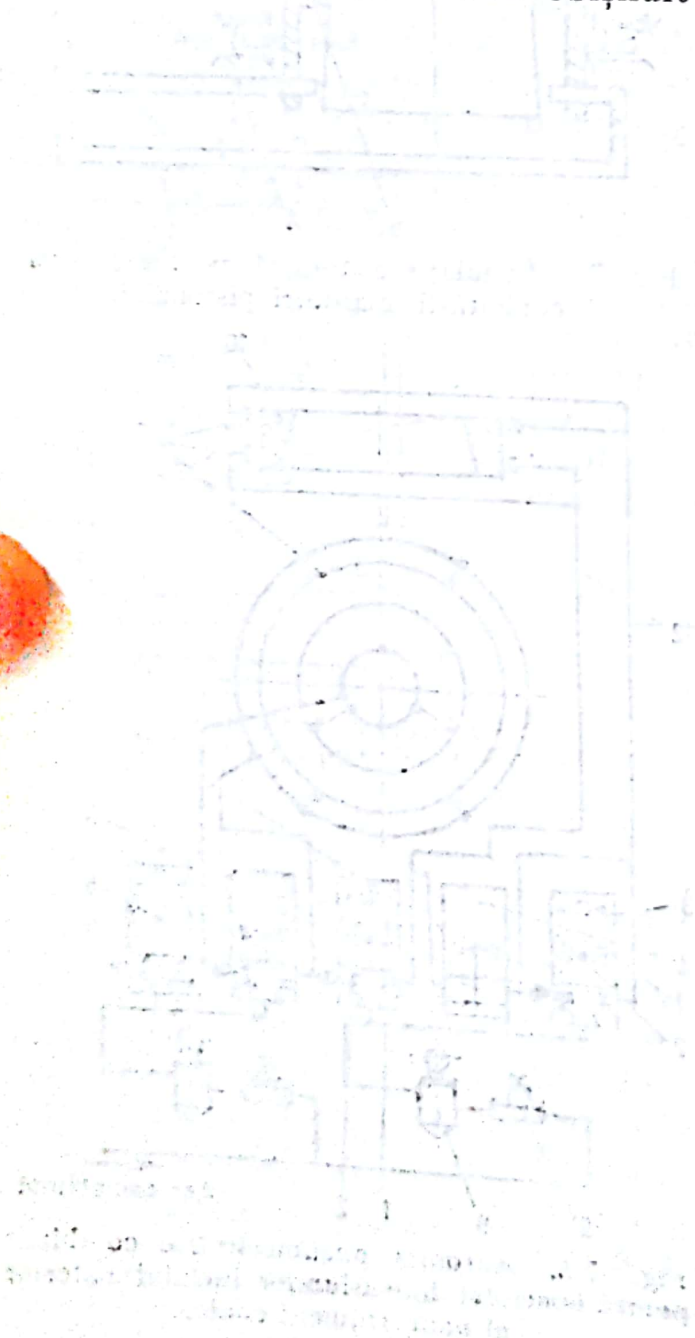


Fig. 7.8. Automat pneumoelectric combinat pentru controlul dimensiunilor inelului exterior al unui rulment conic.

țiunea medie a inelului cu ajutorul contactului *5*. Controlul căii de rulare se realizează cu contactul *6*. Aerul intră în duzele de măsurare *7* prin stabilizatorul de presiune *8* și filtrul *9*, precum și prin inelul de controlat *10*. Traductoarele electrice *11* sînt prevăzute cu contacte flotante *3* și fixe (1 ; 2).

Întreaga parte pneumatică este alimentată de la o instalație pneumatică, cu o presiune de maximum 6 daN/cm², prin rețeaua de aer comprimat *12*. În acest automat, după controlul tuturor parametrilor, piesele se separă în piese bune, care sînt transportate la magazia de piese finite sau în rebuturi, care intră în cutia de rebuturi. Automatul de măsurare este introdus în mod obișnuit în linia automată de prelucrare.



Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 8

Aparate de măsurare pentru controlul filetelor

Pentru a se îndeplini condiția de interschimbabilitate a asamblărilor filetate este necesar ca elementele de asamblare a filetului: diametrul exterior, diametrul interior, diametrul mediu, pasul și semiunghiul de profil să se excute între anumite limite bine determinate, cerute de rolul funcțional al asamblării.

În afara metodelor și aparatelor de măsurare cunoscute (calibre, microscoape, metoda celor trei sîrme etc.), folosite pentru verificarea elementelor de asamblare a filetelor, se poate efectua în unele cazuri și controlul cu ajutorul aparatelor pneumatice de măsurare. Elementul principal care determină caracterul asamblării (ajustajul) este diametrul mediu, deoarece contactul între cele două piese filetate se face, în general, pe flancurile filetului, exceptînd cazurile de etanșare cînd contactul se face și pe vîrfurile filetului.

8.1. Controlul diametrului mediu al filetelor cilindrice interioare

Pentru controlul diametrului mediu al filetelor interioare se poate utiliza calibrul pneumatic reprezentat în fig. 8.1. Cu tamponul *1* se controlează diametrul mediu al filetului. Pe tampon există un număr de alezaje radiale; în partea conică a acestora se introduc bilele *2*, cu diametrele egale cu diametrul optim (la fel ca în cazul sîrmelor). Adică bilele ating punctele de intersecție ale profilului cu linia diametrului mediu (fig. 8.2).

Diametrul optim se calculează cu relația

$$d_{op} = \frac{p}{2\cos\frac{\alpha}{2}} \qquad (8.1)$$

în care p este pasul filetului, în mm, iar α — unghiul de înclinare al profilului filetului.

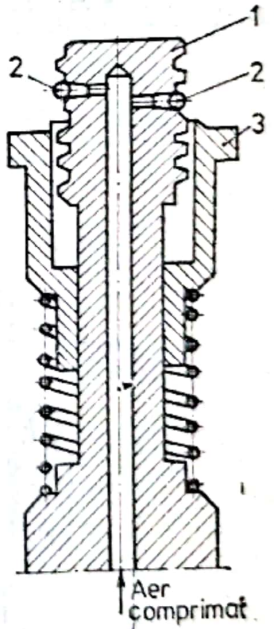


Fig. 8.1. Calibru pneumatic pentru măsurarea diametrului mediu al filetelor interioare.

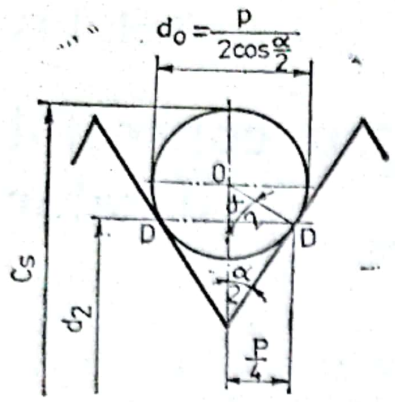


Fig. 8.2. Schema de calcul al diametrului optim al bilelor calibrate.

Pentru filetele metrice ($\alpha = 60°$), relația are forma

$$d_{op} = 0{,}57737 \cdot p, \qquad (8.2)$$

iar pentru filetele Whitworth ($\alpha = 55°$), ia forma

$$d_{op} = 0{,}5637 \cdot p. \qquad (8.3)$$

În timpul măsurării, bilele, sub presiunea aerului, sînt apăsate pe suprafața filetului care se verifică și, după consumul de aer prin interstițiile inelare dintre bile și alezajele conice, se determină diametrul mediu propriu-zis. În poziția de repaus bilele sînt susținute de bucșa *3*.

8.2. Instalații automate pentru măsurarea filetelor

Ca exemplu de automatizare a controlului filetului poate servi instalația automată reprezentată schematic în fig. 8.3, care este destinată controlului filetului din corpul bujiilor. Săniile *7* poartă suprafețele de mă-

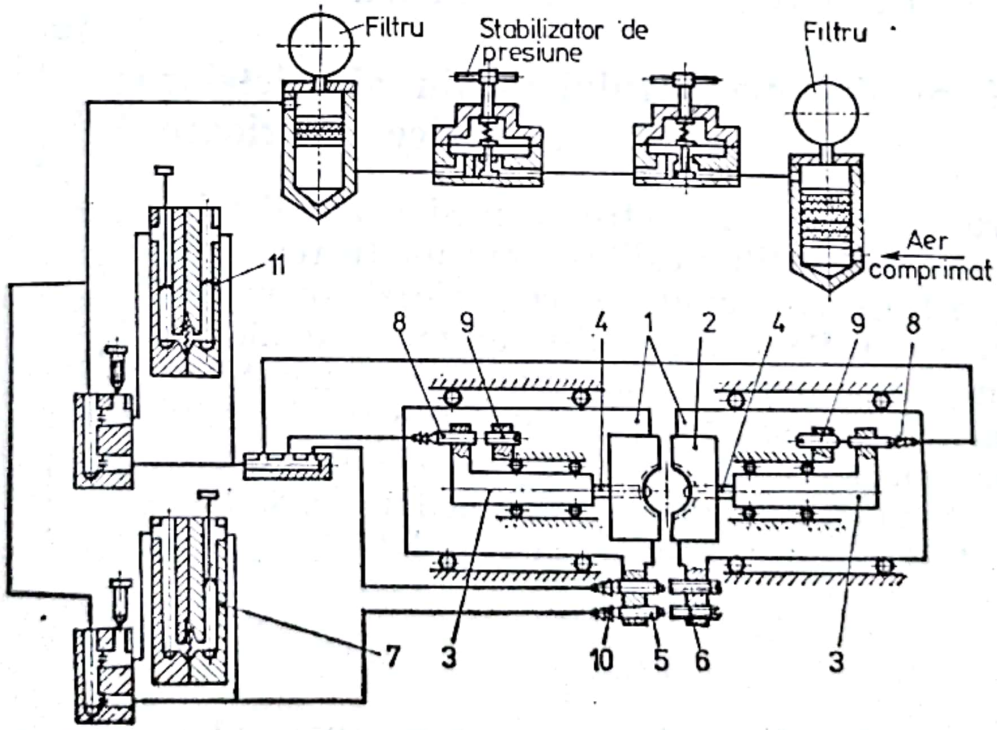


Fig. 8.3. Schema instalației automate B.V.-538 pentru controlul filetelor.

surat filetate *2*. Pentru ușurarea introducerii profilului semiinelelor în profilul filetului care se verifică, instalația este prevăzută cu un vibrator care obligă corpul bujiei să vibreze. După ce piesa a fost strînsă între fălcile *2*, se apropie săniile *3*, care poartă adaosurile sferice *4*. Acestea intră în golurile filetului corpului bujiei. Poziția semiinelelor care determină diametrul mediu raportat se măsoară pe cale pneumatică, după variația jocului dintre duza *5* și limitatorul *6*, montate pe sania *1*. Schimbîndu-se jocul, se schimbă și nivelul mercurului în traductorul *7*. Dacă se depășește toleranța prescrisă piesei, în traductor se închide contactul care dă comanda pentru rebutarea piesei de măsurat. Limita inferioară a diametrului mediu propriu-zis se verifică prin apropierea (pătrunderea) adaosurilor sferice *4* față de săniile *1*, corespunzător cu valoarea compensării diametrale a abaterilor de pas și a semiunghiului de profil al filetului piesei. Valoarea pătrunderii adaosului sferic se controlează tot pe cale pneumatică, după variația jocului dintre duzele *8* și limitatoarele *9*, față de care se deplasează săniile *3*. Duzele *8* sînt conectate în același sistem cu duza *10*, astfel că din diametrul mediu raportat se scade compensația diametrală a abaterilor de pas și de unghi, iar diferența determină valoarea diametrului mediu propriu-zis. Întregul sistem este pus în legătură cu traductorul *11*, care funcționează la fel ca și traductorul *7*.

La această instalație automată se controlează filete M 18 × 1,5, cu o productivitate de 900 piese pe oră. Eroarea de măsurare nu depășește 30 μm, ceea ce se consideră ca deplin satisfăcător pentru clasa 2-a de precizie. Reglarea la zero a instalației se face cu ajutorul calibrelor de filet partea „trece" și „nu trece".

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 9

Aparate de măsurare pentru controlul rugozității suprafețelor

9.1. Noțiuni generale

Prin rugozitatea suprafeței se înțelege totalitatea microneregularităților, de pas relativ mic, considerate în mod convențional pe o porțiune mică de suprafață, în cadrul unei anumite lungimi de bază, fără a lua în considerație abaterile de formă macrogeometrică.

La baza măsurării rugozității stă așa numitul sistem M (sistemul liniei medii a profilului (fig. 9.1). Linia medie a profilului intersectează profilul efectiv în așa fel încît suma pătratelor ordonatelor $y_1, \ldots, y_n$, să fie minimă.

În vederea evaluării rugozității în sistemul M standardele în vigoare prevăd următorii parametri:

R_a — abaterea medie aritmetică a ordonatelor profilului în raport cu linia medie M;

R_z — înălțimea medie a neregularităților în zece puncte, cinci puncte de maxim și cinci puncte de minim;

R_{max} — înălțimea maximă a rugozității pe lungimea de bază l.

Expresiile matematice pentru parametrul R_a sînt:

— pentru calculul aproximativ:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^{n} [y_i]}{n} \tag{9.1}$$

— pentru calculul exact:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l [y] \, dx \tag{9.2}$$

Ca urmare, pe baza relației (9,1), parametrul R_a mai poate fi definit și ca valoare medie a ordonatelor punctelor profilului efectiv, față de linia medie a profilului măsurate între limitele lungimii de bază l.

Scanned with OKEN Scanner

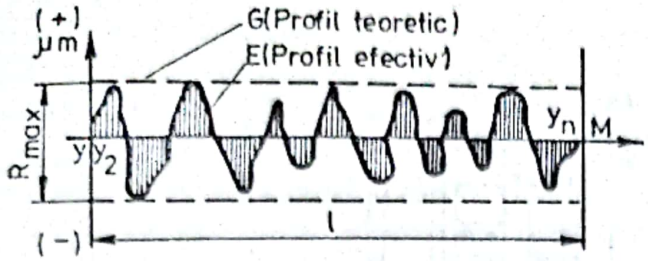


Fig. 9.1. Profilul unei suprafețe cu microneregularități (cu rugozitate).

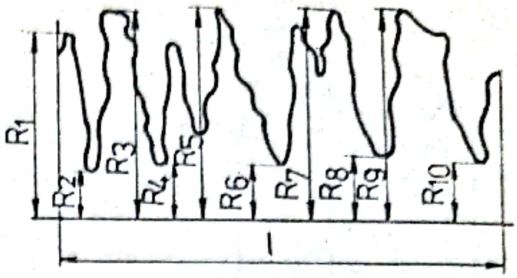


Fig. 9.2. Determinarea parametrului R_z al suprafeței de măsurat.

Parametrul R_z este dat de relația

$$R_z = \frac{(R_1 - R_2) + (R_3 - R_4) + (R_5 - R_6) + (R_7 - R_8) + (R_9 - R_{10})}{5} \qquad (9.3)$$

adică mai poate fi definit și ca distanța medie între cele mai înalte cinci puncte de vîrf și cele mai joase cinci puncte de fund ale profilului efectiv (E) măsurate între limitele lungimii de bază l.

Măsurarea se face în raport cu o bază de măsurare paralelă cu profilul teoretic G (fig. 9.2).

Între R_a și R_z există relația:

$$R_z = 4{,}5 \; R_a^{0,97} \qquad (9.4)$$

În STAS 4200-69 se indică modul de alegere a mijloacelor de verificare și măsurare a rugozității, în funcție de rugozitatea prescrisă piesei de măsurat.

Măsurarea rugozității suprafețelor prin folosirea metodei pneumatice se poate face prin palpare și cu aparate înregistratoare.

9.2. Măsurarea rugozității suprafețelor prin palpare

Aparatele pneumatice de măsurare pentru măsurarea rugozității suprafețelor prin palpare realizează acest lucru printr-o apreciere cantitativă a mărimii microneregularităților suprafeței cercetate.

În fig. 9.3 este redată schema de funcționare a unui aparat care palpează suprafața cu un ac de safir, cu înregistrarea profilului efectiv măsurat.

Transmiterea mărimii efective măsurate se face prin intermediul pîrghiei *3*, pe care se află vîrful de palpare *2*. Pe direcția verticală care trece prin centrul palpatorului, la partea superioară a pîrghiei se află o suprafață de măsurare iar în fața acestei suprafețe se află duza de măsurare *5*. Pîrghia de palpare se află situată în interiorul unei sănii mo-

Scanned with OKEN Scanner

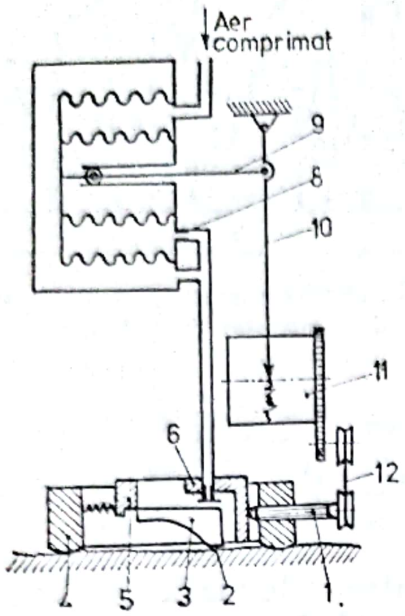


Fig. 9.3. Măsurarea pneumatică a rugozității cu aparat prevăzut cu manometru diferențial.

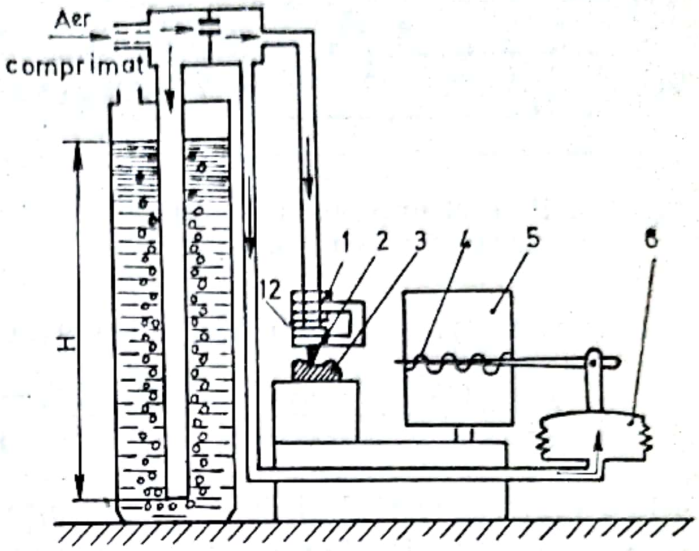


Fig. 9.4. Măsurarea rugozității cu aparat pneumatic prin metoda măsurării presiunii.

bile *5*, avînd posibilitate de deplasare, pe direcție orizontală, cu ajutorul șurubului *1*, situat în carcasa aparatului *4*.

Duza de măsurare se află în legătură cu aparatul înregistrator compus din manometrul cu presiune diferențială *7*, duza *8* și acul indicator *9*. Manometrul *7* arată astfel diferența dintre presiunea de alimentare și cea de măsurare. Acul indicator este legat prin intermediul tachetului *10* cu partea frontală a manometrului. Tamburul de înregistrare *11* este cuplat, prin mecanismul *12*, cu șurubul *1*, de avans fin al saniei.

Aparatul descris mai înainte este adecvat măsurării suprafețelor cu rugozitate mare. În cazul măsurării suprafețelor cu rugozitate mică este indicat ca vîrful de palpare să aibă raza la vîrf de 10 μm, forța de măsurare la palpare să fie $\leqslant 10^{-3}$ daN, cu o demultiplicare cuprinsă între 10 000 și 50 000 ori.

Obținerea unor asemenea condiții de măsurare se realizează practic prin introducerea unui convertizor pneumatic pentru valorile măsurate între duza de măsurare și manometrul diferențial.

Aprecierea cantitativă a rugozității suprafețelor se poate face cu aparatul pneumatic de măsurare redat în fig. 9.4.

Traductorul *1* este prevăzut cu un vîrf foarte fin *2* care urmărește microneregularitățile de pe suprafața piesei cercetate *3*. Deplasările verticale ale vîrfului conduc la variația interstițiului dintre suprafețele orizontale *z* a traductorului și a manometrului *6*, iar înregistrarea valorilor se face pe tamburul *5* cu acul înregistrator *4*.

Scanned with OKEN Scanner

Traductorul are posibilitate de deplasare și este în legătură mecanică cu sistemul de înregistrare, putîndu-se obține amplificări de pînă la 400 ori pentru deplasările orizontale și pînă la 4000 de ori pentru deplasări verticale.

Cu acest tip de aparat se pot măsura rugozitățile cu R_a de maximum 3,2 μm, cu condiția respectării unui raport mai mic de 0,1 între raza vîrfului și pasul mediu între rizuri (fig. 9.5).

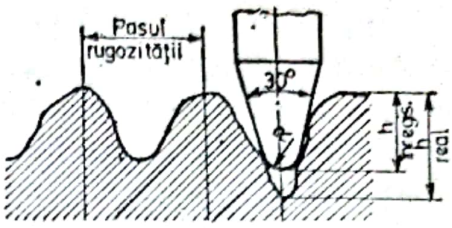


Fig. 9.5. Schema măsurării rugozității cu vîrful palpator al profilografului.

Din considerente de uzură a vîrfului, este indicat ca acul de înregistrare să aibă raza la vîrf $\leqslant$ 0,2 μm, ceea ce duce la dificultăți de realizare practică.

Din fig. 9.5 rezultă că înălțimea înregistrată a rizurilor este mai mică decît cea reală, aceasta în funcție de rugozitatea suprafețelor de măsurat, de metoda de prelucrare și de forma vîrfului acului palpator.

În cazul utilizării unor asemenea aparate de măsurare se recomandă să fie folosite etaloane de rugozitate, avînd valori apropiate de cele ale suprafeței de măsurat.

9.3. Măsurarea rugozității suprafețelor cu aparate integratoare

Problema măsurării și controlului suprafețelor cu ajutorul metodei pneumatice a preocupat pe mulți cercetători [26].

Principiul acestei metode de măsurare se bazează pe variația interstițiului dintre suprafața piesei de măsurat și suprafața plană a duzei de măsurare (fig. 9.6).

Aerul pătrunde prin tamponul *1*, deasupra ventuzei *2*, care, datorită resortului *4*, se așază etanș pe suprafața de măsurat *3*. Membrana elastică din cauciuc *5* permite oscilația ventuzei și obligă aerul să treacă numai prin secțiunea formată de microneregularitățile suprafeței.

Un alt principiu constructiv de traductor de măsurare este prezentat în fig. 9.7.

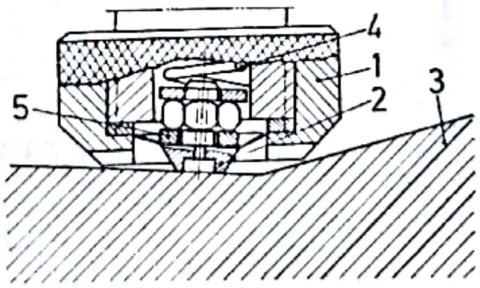


Fig. 9.6. Schema traductorului pentru măsurarea rugozității suprafeței.

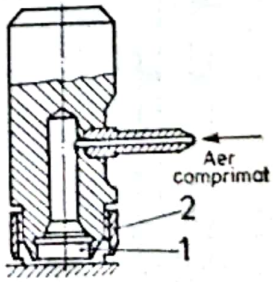


Fig. 9.7. Schema traductorului de măsurare cu inel de reazem.

Duza *1* este așezată pe un inel cu reazem *2* de protecție, asigurîndu-se o distanță de cîțiva micrometri între suprafața de măsurat și suprafața frontală a duzei. La acest tip constructiv de traductor de măsurare diametrul duzei este cuprins între 0,35...2 mm.

Racordarea traductorului de măsurare la un aparat indicator pneumatic este redată în fig. 9.8.

La această metodă pneumatică de măsurare a rugozității cantitatea de aer care iese din duză, printre muchia duzei și suprafață, depinde de mărimea rugozității piesei de măsurat. Mărimea secțiunii rămase liberă pentru trecerea aerului (fig. 9.9) este dată de relația

$$F = \int_0^l h ds = h_{med} \cdot l \qquad (9.5)$$

care arată dependența direct proporțională între mărimea secțiunii F și înălțimea medie a neregularităților.

Etalonarea aparatului la această metodă se face cu ajutorul etaloanelor de rugozitate pentru piesele a căror calitate a suprafeței este cuprinsă între $R_a = 0{,}1...25$ μm.

Avantajul metodei constă în aceea că citirea se face direct și nu apare pericolul deteriorării suprafețelor de contact.

De asemenea, pentru eliminarea erorii care s-ar putea produce din cauza abaterilor de la forma geometrică a suprafeței, se recomandă realizarea traductoarelor de măsurare cu diametrul suprafeței de așezare mic.

Aceste traductoare de măsurare se utilzează numai pentru suprafețe plane și sînt neindicate pentru suprafețe cilindrice sau sferice, din cauza incertitudinii rezultatelor măsurărilor.

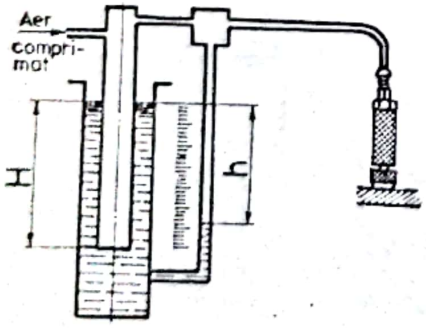


Fig. 9.8. Schema aparatului pneumatic de măsurare cu manometru cu lichid.

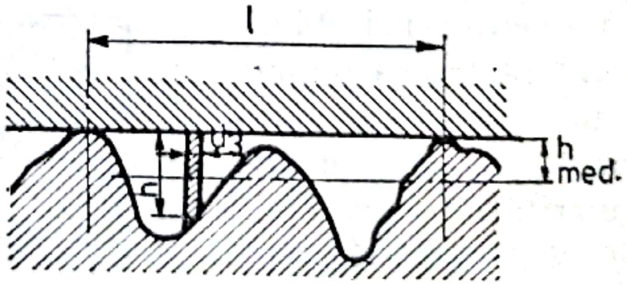


Fig. 9.9. Secțiunea de trecere a aerului la măsurarea rugozității.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru controlul rugozității suprafețelor sferice este indicată utilizarea traductorului de măsurare [26], redat în fig. 9.10.

Suprafața frontală a duzei este în formă de rozetă, ceea ce permite obținerea unei linii de contact lungi și o scurgere în cantitate mai mare a aerului, ceea ce duce la îmbunătățirea operației de măsurare și la indicarea corectă a valorilor măsurate.

Traductorul de măsurare este alcătuit din placa subțire *1* (grosime de 0,1 mm), pe care este gravată suprafața piesei de măsurat, și are în centru un alezaj *2* pentru aducerea aerului; placa este vulcanizată cu cilindrii din cauciuc *3*.

Prin presarea părții frontale a traductorului de măsurare pe suprafața cercetată, placa subțire se mulează pe aceasta ca urmare a presiunii uniforme.

Cercetările [4,26] au arătat că pentru obținerea unor măsurări corespunzătoare, influența forței de apăsare asupra rezultatelor măsurării este invers proporțională (de exemplu la o rozetă cu diametrul de 5 mm este indicată o forță de apăsare > 3 daN).

Schema funcțională a micrometrului pneumatic construit de firma Solex este redată în fig. 9.11 și este alcătuit din două orificii, unul de referință cu suprafața R și unul de măsurare cu suprafața M, montate în serie într-un circuit de aer comprimat la presiune constantă.

Între cele două orificii se stabilește o presiune de echilibru h, dată de relația

$$h = \frac{H}{1 + \frac{M^2}{R^2}}, \tag{9.6}$$

presiune care este cu atît mai mare cu cît suprafața de măsurat este mai puțin rugoasă.

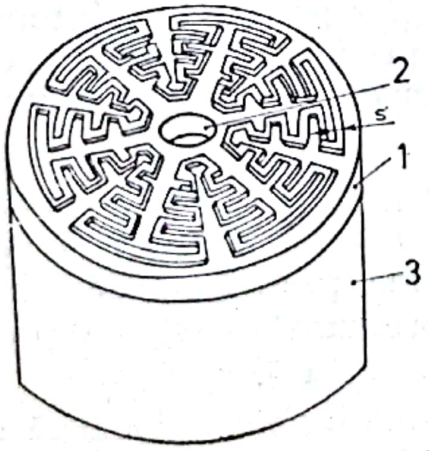


Fig. 9.10. Traductor de măsurare pentru controlul rugozității suprafețelor sferice.

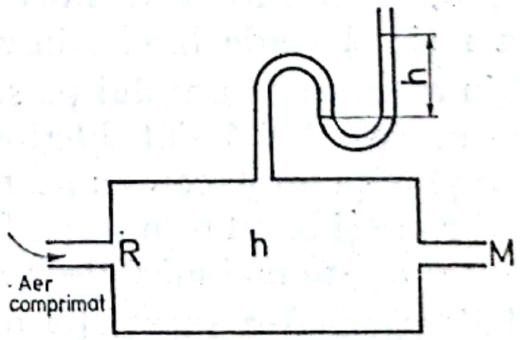


Fig. 9.11. Schema micrometrului pneumatic Solex.

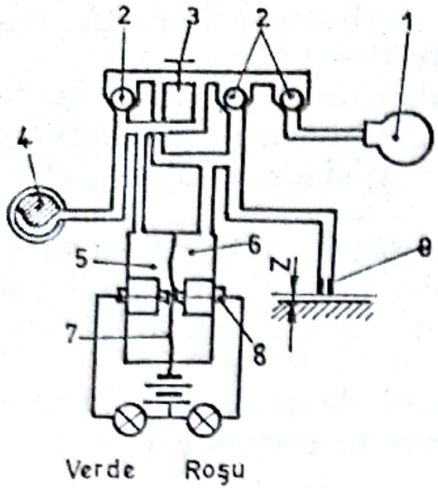


Fig. 9.12. Aparat pneumatic cu acţionare manuală pentru măsurarea rugozităţii.

Sensibilitatea aparatului creşte dacă creşte H şi scade dacă scade R.

Rezultatele obţinute cu comparatorul Solex iau în considerare suprafaţa medie a neregularităţilor suprafeţei piesei de măsurat.

Aparatele pneumatice pentru măsurarea rugozităţii descrise anterior presupun alimentarea cu aer comprimat de la o sursă exterioară (reţea centrală). Literatura de specialitate [26] indică şi construcţii de aparate, de tip manual, la care alimentarea se face printr-un circuit de aer cu presiune diferenţială (fig. 9.12).

La un aparat care lucrează cu presiune diferenţială (fig. 9.12), alimentarea cu aer se face de la un balon de cauciuc *1* (acţionat manual) care aduce aerul în camerele *5* şi *6* ale manometrului cu presiune diferenţială, după ce aerul trece prin supapa de sens unic *2*.

Compensarea presiunii din sistem se face prin deschiderea supapei de compensare *3*, care realizează legătura dintre camerele *5* şi *6*. Din camera *6*, aerul comprimat ajunge la traductorul de măsurare *9*, a cărui suprafaţă frontală este aşezată pe suprafaţa piesei de măsurat. Aerul trece din camera *5* la cilindrul de comandă cu piston *4*, pentru reglarea presiunii în camerele *5* şi *6*.

Pentru controlul unei suprafeţe aparatul poate funcţiona asemănător ca un aparat pentru control activ, cu semnalizarea optică a valorilor limită ale rugozităţii suprafeţei piesei de măsurat.

În vederea măsurării aparatul este reglat pe zero cu ajutorul unui etalon de rugozitate, asigurîndu-se aceeaşi presiune a aerului între camerele *5* şi *6*, caz în care membrana *7* nu atinge nici unul din contactele *8* (lampa roşie şi verde fiind stinse).

Prin aşezarea aparatului pe suprafaţa piesei de măsurat, presiunile dintre camerele *5* şi *6* sînt diferite şi ca urmare se aprinde becul verde (dacă suprafaţa este corespunzătoare), cînd presiunea din camera *6* este mai mare şi becul roşu (suprafaţa necorespunzătoare) cînd presiunea din camera *6* este mai mică decît cea din camera *5*.

Cînd rugozitatea suprafeţei piesei de măsurat este identică cu cea pe care s-a făcut reglarea, nu se aprinde nici o lampă.

Există posibilitatea ca aparatul să fie prevăzut cu o scară gradată etalonată în unităţi de rugozitate.

Scanned with OKEN Scanner

O altă construcție de aparat pneumatic de măsurare pentru controlul rugozității la locul de muncă sau în laborator este redată în fig. 9.13.

Traductorul de măsurare este elastic, prevăzut cu o suprafață frontală plană.

Etalonarea aparatului se poate realiza cu ajutorul etaloanelor de rugozitate, pentru care acul indicator se află în zona *E*.

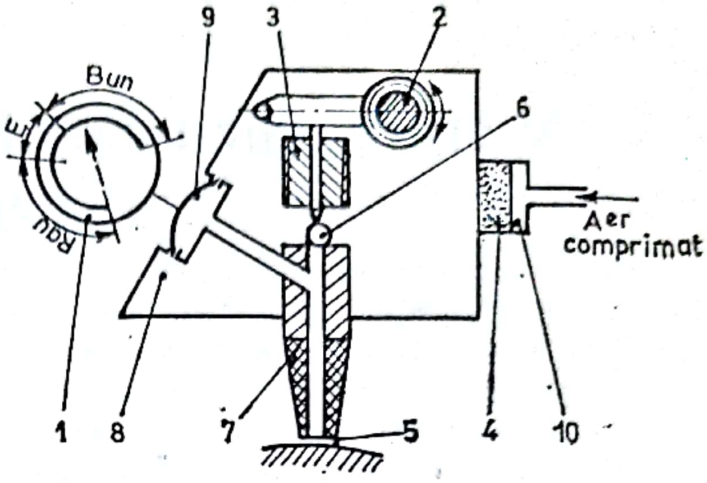


Fig. 9.13. Aparat pneumatic pentru controlul activ al rugozității suprafețelor:

1 — aparat indicator; *2* — angrenaj melc-roată melcată pentru reglarea ajutajelor capului; *3* — sistem pentru acționaare diferențială; *4* — filtru; *5* — supapă; *6* — disc de măsurare; *7* — corp din cauciuc; *8* — cameră de presiune; *9* — membrană; *10* — racord pentru aer.

Aparatul poate funcționa pe principiul aparatelor de control activ indicînd suprafețele corespunzătoare (*bun*) sau necorespunzătoare *(rebut)*, după poziția acului indicator pe scara aparatului.

Construcția de tip elastic a traductorului de măsurare permite utilizarea aparatului la măsurarea rugozității suprafețelor plane, cilindrice și sferice, asigurînd acestuia un grad înalt de universalitate.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 10

Aparate pneumatice pentru controlul preciziei de poziție a suprafețelor

În ultima vreme, metodele și aparatele pneumatice de măsurare datorită avantajelor pe care le prezintă (precizie și productivitate ridicate, citirea rezultatelor măsurării într-un singur loc, chiar dacă traductoarele de măsurare sînt dispuse în diferite locuri) au început să capete o răspîndire din ce în ce mai mare, și la controlul preciziei de poziție a suprafețelor, utilizarea cea mai largă a acestora fiind încă la controlul preciziei dimensionale și preciziei formei geometrice a suprafețelor [23, 18].

10.1. Precizia de poziție a suprafețelor și parametrii acesteia

În procesul de fabricație, în afară de erorile dimensionale și de formă au loc și erori de poziție a suprafețelor, axelor și liniilor, care au o influență deosebită asupra bunei comportări în funcționare a pieselor, subansamblurilor și ansamblurilor în construcția de mașini.

De aceea, avîndu-se în vedere rolul funcțional și condițiile concrete de lucru, se impune prescrierea unei anumite precizii de poziție a suprafețelor care limitează erorile de poziție, într-un domeniu admisibil, denumit toleranță de poziție a suprafețelor respective.

Parametrii principali standardizați (STAS 7384 și 7385-66) ai preciziei de poziție a suprafețelor, axelor și liniilor sînt: paralelismul, perpendicularitatea, înclinarea, intersectarea, coaxialitatea, concentricitatea, bătaia radială, bătaia frontală, simetria și poziția nominală (distanța dintre axe, suprafețe sau linii).

Valorile abaterilor și toleranțelor de paralelism și de perpendicularitate sînt reglementate prin STAS 7393-66, iar pentru bătaia radială și frontală — prin STAS 7394-66, valorile fiind repartizate pe intervale de lungimi de referință și pe 12 clase de precizie I...XII, în ordine descrescîndă a preciziei.

Scanned with OKEN Scanner

10.2. Condițiile și cerințele specifice controlării preciziei de poziție a suprafețelor

În vederea măsurării (controlării) corecte a abaterilor de poziție ale suprafețelor, ca și la controlul abaterilor de formă, este necesar să se respecte întocmai definițiile date parametrilor de controlat, conform sistemului internațional de toleranțe ISO.

Totodată, trebuie să se aibă în vedere noțiunile specifice necesare efectuării, controlului abaterilor de poziție a suprafețelor, astfel încît precizia măsurării acestora să nu fie influențată de erorile dimensionale și nici de micro și macrogeometria suprafețelor supuse controlului și ale suprafețelor considerate bază (baze) de referință [18, 23]. Pentru realizarea acestei cerințe este necesar ca măsurarea (controlul) abaterilor de poziție să se facă, în domeniul lungimii de referință, în funcție de suprafețele adiacente și nu în funcție de suprafețele efective sau reale, caz în care erorile de măsurare pot depăși cu mult limita admisibilă de 10—20% din toleranța prescrisă la parametrul de controlat, așa după cum se demonstrează în lucrările [18, 22, 23].

Suprafața adiacentă (fig. 10.1) este suprafața de aceeași formă cu suprafața prescrisă pentru piesă, tangentă la suprafața efectivă (sau reală) dinspre partea exterioară materialului piesei și așezată în așa fel încît distanța maximă dintre suprafața reală (efectivă) și suprafața adiacentă să aibă valoarea minimă. Din figura se observă că atît unghiul

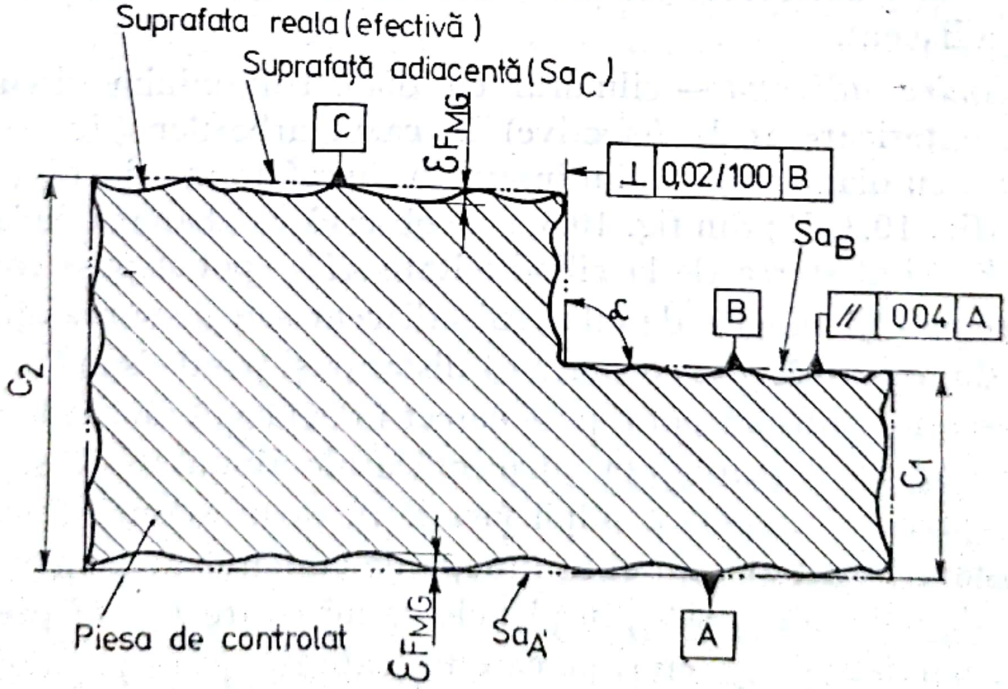


Fig. 10.1. Suprafața adiacentă.

Scanned with OKEN Scanner

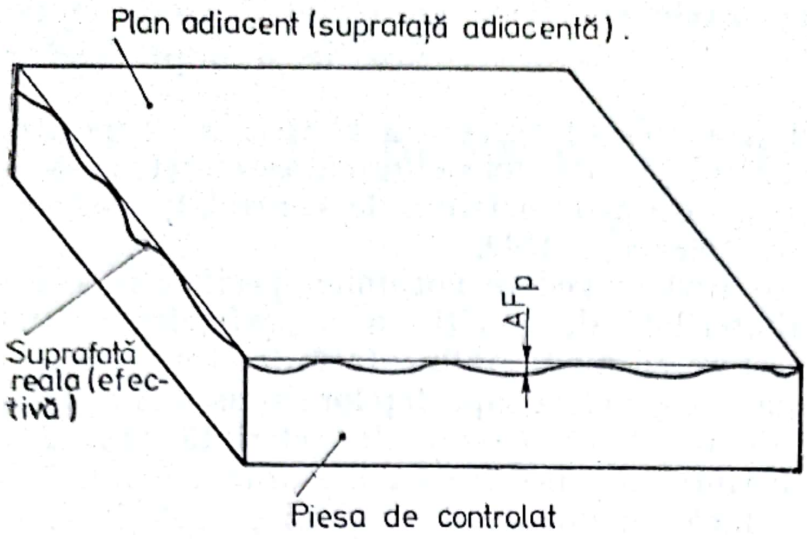


Fig. 10.2. Plan adiacent.

dintre suprafețele B și C, precum și distanța și paralelismul dintre suprafețele A și B sau dintre suprafețele B și C, se pot pune corect în evidență numai în raport cu suprafețele adiacente ale suprafețelor respective. De asemenea, erorile de formă macrogeometrice ε_{FMG} se pot pune corect în evidență numai în raport cu suprafața adiacentă respectivă.

În afară de noțiunea de suprafață adiacentă, în cadrul operațiilor de control al preciziei de poziție a suprafețelor, axelor și liniilor se mai folosesc și noțiunile:

— *Plan adiacent* — planul tangent la suprafața reală (efectivă) așezat în așa fel încît distanța maximă dintre acest plan și suprafața reală (efectivă) să aibă valoarea sa cea mai mică posibil (fig. 10.2.). Abaterea de la planitate AF_p se poate determina corect numai în funcție de planul adiacent.

— *Cilindru adiacent* — cilindrul cu diametrul minim circumscris suprafeței exterioare reale (efective) în cazul arborilor (fig. 10.3, *a*) sau cilindrul cu diametrul maxim înscris în suprafața interioară, în cazul alezajelor (fig. 10.3, *b*); din fig. 10.3, *a* se observă că abaterea de la rectilinitate AF_r și abaterea de la cilindricitate AF_c pot fi puse corect în evidență numai în funcție de cilindrul adiacent sau de suprafața adiacentă, iar din fig. 10.3, *b* se constată că distanța și paralelismul axei alezajului piesei de controlat pot fi puse corect în evidență numai în funcție de cilindrul adiacent (suprafața adiacentă a alezajului) și de suprafața adiacentă (planul adiacent) a tălpii piesei. În cazul măsurării distanței și paralelismului axei alezajului în funcție de cilindrul tangent vor avea loc erorile de distanță ε_I și ε_{II} în planele de măsurare I și II precum și eroarea de paralelism ε_p, erori pe care în realitate, piesa poate să nu le aibă.

Scanned with OKEN Scanner

— *Profil adiacent* (fig. 10.4) — profil de aceeași formă cu profilul dat, tangent la profilul real (efectiv) dinspre partea exterioară materialului piesei, așezat astfel încît distanța maximă dintre profilul efectiv și acesta să aibă valoarea minimă; din figură, se constată că profilul adiacent reprezintă baza de măsurare corectă a erorii de formă macrogeometrică ε_{FMG}, a profilului dat;

— *Dreapta adiacentă* — dreapta tangentă la profilul real (efectiv), așezată astfel încît distanța maximă dintre profilul efectiv și dreapta adiacentă să aibă valoarea cea mai mică posibilă (fig. 10.5); abaterea de formă macrogeometrică ε_{FMG} (rectilinitatea) a profilului efectiv, se măsoară în raport cu dreapta adiacentă;

— *Cerc adiacent* — cercul cu diametrul minim circumscris secțiunii transversale a suprafeței exterioare reale în cazul arborilor (fig. 10.6, *a*), sau cercul de diametru maxim, înscris în secțiunea transversală a suprafeței interioare în cazul alezajelor (fig. 10.6, *b*): eroarea de formă macrogeometrică ε_{FMG} (circularitatea) precum și eroarea de poziție (concentricitatea) se pot pune corect în evidență numai în funcție de cercul adiacent, atît în cazul arborilor, cît și în cazul alezajelor;

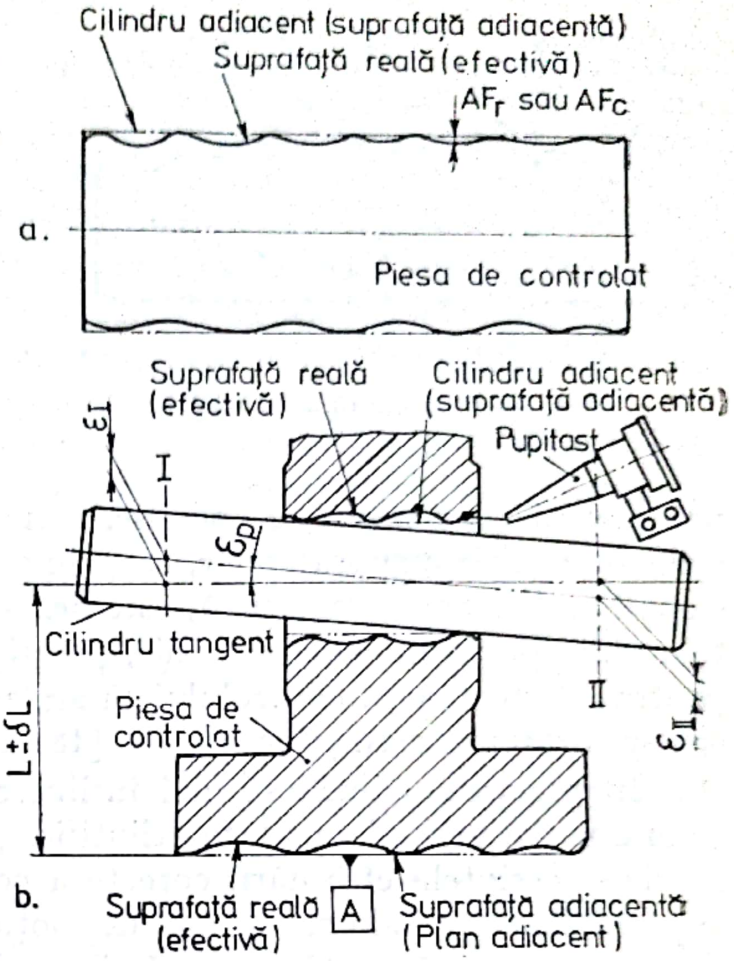


Fig. 10.3. Cilindru adiacent.
a — în cazul arborilor; *b* — în cazul alezajelor.

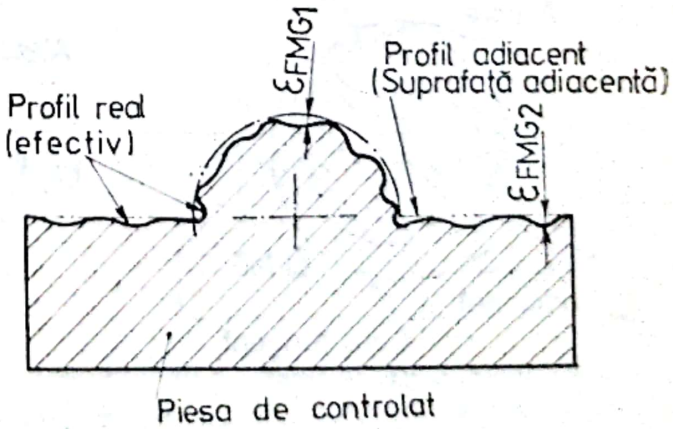


Fig. 10.4. Profil adiacent.

Scanned with OKEN Scanner

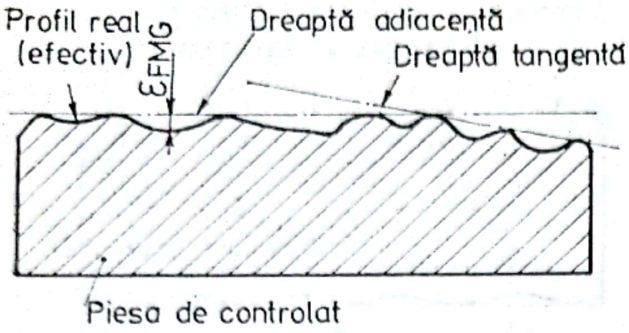


Fig. 10.5. Dreaptă adiacentă.

— *Lungime de referință* — lungime în limitele căreia se determină abaterea de poziție; lungimea de referință poate fi toată lungimea profilului sau a suprafeței sau numai o porțiune din lungimea sau din suprafața controlate;

— *Bază de referință* — suprafață, linie, axă, punct, față de care se determină parametrul preciziei de poziție. În procesul de control al preciziei de poziție a suprafețelor, ca și în cazul controlului preciziei dimensionale și de formă geometrică, este necesar să se ia măsurile corespunzătoare, din punct de vedere tehnic, științific, organizatoric și metrologic, pentru ca efectuarea controlului să se facă cu precizie și productivitate corespunzătoare cerințelor impuse [18, 22].

În practica uzinală se mai întîlnesc o serie de metode și aparate de măsurare nefundamentate științific, prin care nerespectîndu-se condițiile și cerințele efectuării corecte a controlului preciziei de poziție a suprafețelor (ținîndu-se seama de noțiunile prezentate mai înainte), eroarea limită măsurată poate să aibă valori mai mari decît 10—20% din toleranța prescrisă (T_p) la parametrul (parametrii) de control sau chiar mai mare decît T_p [23, 29].

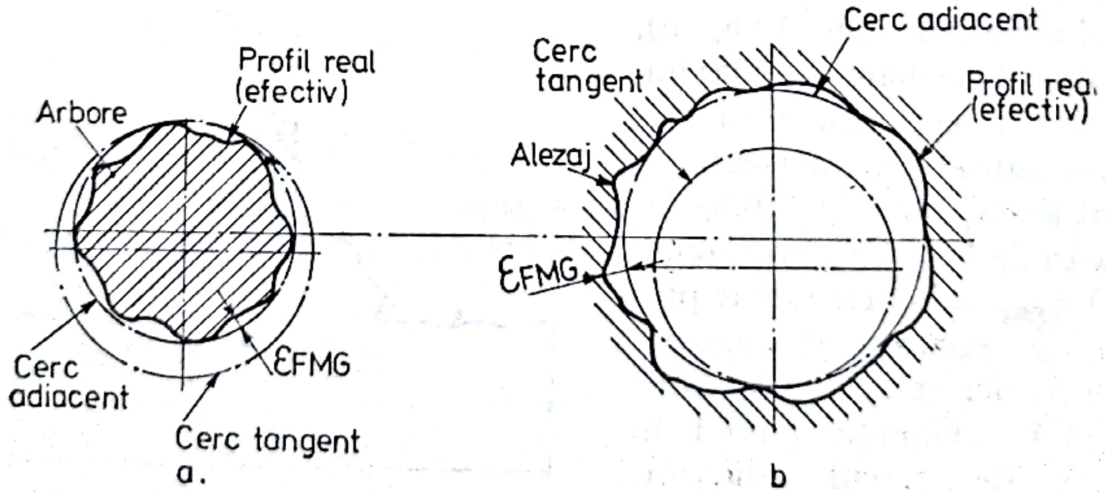


Fig. 10.6. Cerc adiacent:
a — în cazul arborilor; *b* — în cazul alezajelor.

Scanned with OKEN Scanner

10.3. Controlul distanței dintre axele alezajelor

În construcția de mașini și aparate, la piesele de tipul plăcilor, bielelor, carcaselor etc., distanța dintre axele alezajelor constituie unul din parametrii funcționali de mare importanță. De aceea este necesară tolerarea și controlul distanței dintre axele alezajelor, corespunzătoare cerințelor funcționale și economice impuse.

În literatura de specialitate se arată că în cazul producției de serie și de masă controlul distanței $L \pm \delta L$ dintre axele alezajelor (fig. 10.7) se efectuează în mod avantajos din punct de vedere tehnic și economic cu ajutorul aparatelor pneumatice de măsurare.

Menționăm, că în ceea ce privește alegerea schemei de măsurare, în literatura tehnică de specialitate părerile sînt împărțite, recomandîndu-se patru procedee.

Procedeul a — cînd măsurarea distanței $L \pm \delta L$ constă în controlul abaterilor efective ale cotelor x și y și compararea acestora cu abaterile limită (admisibile) calculate în funcție de abaterile limită prescrise ale cotelor L, D_1 și D_2.

Cota x reprezintă distanța dintre generatoarele cele mai apropiate ale celor două alezaje iar y — distanța dintre generatoarele cele mai îndepărtate (fig. 10.7).

Abaterile efective ale cotelor x și y se pot pune în evidență cu ajutorul dispozitivului reprezentat în fig. 10.8 racordat la un aparat pneumatic de măsurare. În prealabil, se face reglarea la zero a aparatului, folosindu-se în acest scop o piesă etalon.

Între cotele x, y și cotele L, D_1 și D_2 (fig. 10.7) există următoarele relații de calcul:

— pentru valorile nominale:

$$x = L - 0{,}5(D_1 + D_2)\,;\; y = L + 0{,}5\,(D_1 + D_2) \qquad (10.1)$$

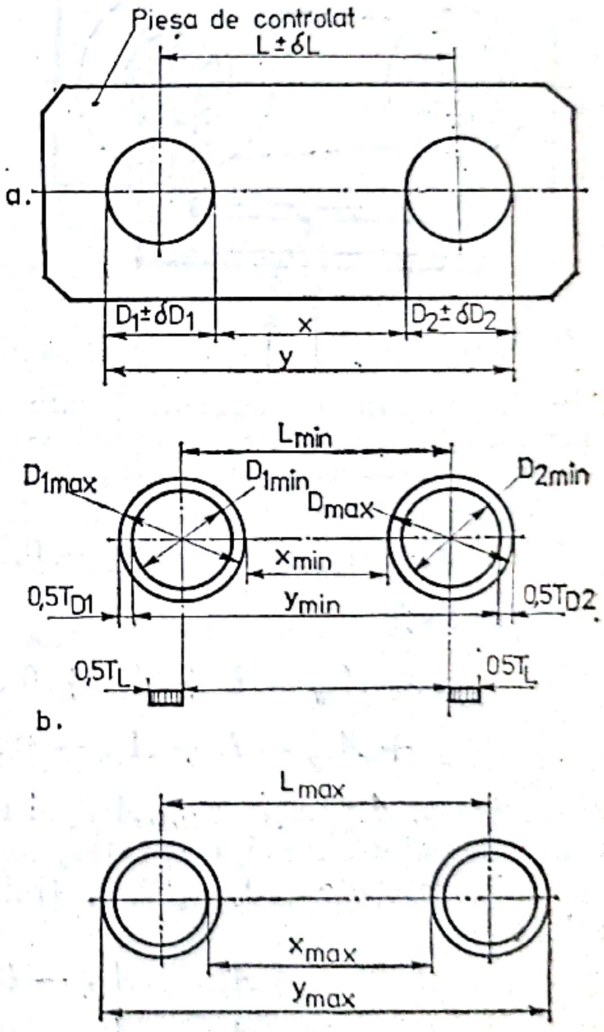


Fig. 10.7. Distanța dintre axele alezajelor: *a* — în valoare nominală; *b* — în funcție de dimensiunile limită.

Scanned with OKEN Scanner

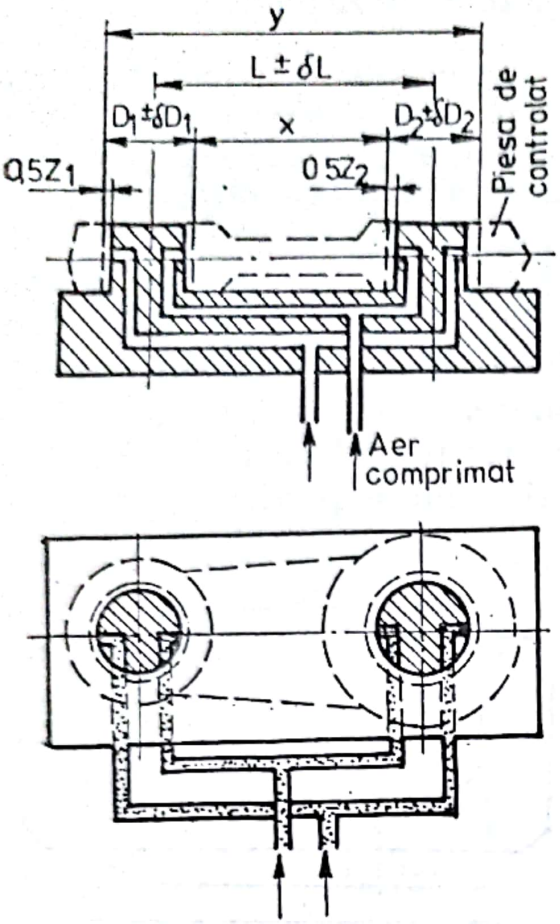


Fig. 10.8. Dispozitiv pneumatic pentru controlul distanței dintre axele alezajelor în funcție de cotele x și y.

$$L = \frac{x + y}{2} \qquad (10.2)$$

— pentru valorile limită, admisibile, conform fig. 10.7, *b* rezultă:

$$x_{min} = L_{min} - 0{,}5\,(D_{1max} + D_{2max}) \text{ și}$$

$$x_{max} = L_{max} - 0{,}5\,(D_{1min} + D_{2min}) \qquad (10.3)$$

și respectiv

$$y_{min} = L_{min} + 0{,}5(D_{1min} - D_{2min}) \text{ și}$$

$$y_{max} = L_{max} + 0{,}5(D_{1max} + D_{2max}) \qquad (10.4)$$

— pentru abaterile limită (admisibile) obținute prin înlocuirea în relațiile (10.3) și (10.4) a dimensiunilor limită în funcție de dimensiunile nominale și abaterile prescrise inferioară și superioară, se obțin

$$x + A_{ix} = L + A_{iL} - 0{,}5(D_1 + A_{SD1} + D_2 + A_{SD2}) \qquad (10.5)$$

$$x + A_{sx} = L + A_{sL} - 0{,}5(D_1 + A_{iD1}) + D_2 + A_{iD2}) \qquad (10.6)$$

și respectiv,

$$y + A_{iy} = L + A_{iL} + 0{,}5(D_1 + A_{iD1}) + D_2 + A_{iD2}) \qquad (10.7)$$

$$y + A_{sy} = L + A_{sL} + 0{,}5(D_1 + A_{sD1} + D_2 + A_{sD2}), \qquad (10.8)$$

în care A_{ix}, A_{iy}, A_{iL}, A_{iD1}, A_{iD2} și respectiv A_{sx}, A_{sy}, A_{sL}, A_{sD1} A_{sD2} sînt abaterile inferioare și, respectiv, superioare ale cotelor x, y, L, D_1 și D_2.

Din relațiile (10.5...10.8), ținîndu-se seama de relațiile (10.1) rezultă:

$$A_{ix} = A_{iL} - 0{,}5\,(A_{sD1} + A_{sD2}) \qquad (10.9)$$

$$A_{sx} = A_{sL} - 0{,}5\,(A_{iD1} + A_{iD2}) \qquad (10.10)$$

și respectiv,

$$A_{iy} = A_{iL} + 0{,}5\,(A_{iD1} + A_{iD2}) \qquad (10.11)$$

Scanned with OKEN Scanner

$$A_{sy} = A_{sL} + 0{,}5(A_{sD1} + A_{sD2}) \qquad (10.12)$$

Abaterile efective ale cotelor x și y, obținute prin măsurare (fig. 10.8) vor fi:

$$A_{efx} = x_{ef} - x \qquad (10.13)$$

$$A_{efy} = y_{ef} - y \qquad (10.14)$$

de unde x și y, fiind dimensiuni nominale (constante), rezultă

$$A_{efx} = f(x_{ef}) \text{ și } A_{efy} = f(y_{ef}) \qquad (10.15)$$

În baza raționamentului făcut, rezultă că dacă abaterile efective A_{efx} și A_{efy} se încadrează în limitele calculate cu formulele (10.9)...(10.12)

$$A_{ix} \leqslant A_{efx} \leqslant A_{sx} \text{ și } A_{iy} \leqslant A_{efy} \leqslant A_{sy}, \qquad (10.16)$$

rezultă că și abaterile cotei L vor fi în limitele prescrise

$$A_{iL} \leqslant A_{efL} \leqslant A_{sL} \qquad (10.17)$$

și, ca atare, piesele vor fi acceptate ca bune.

În realitate lucrurile stau așa cum arată schema prezentată în fig. 10.9. Din această figură, în care alezajele cu diametrele limită D_{1min}, D_{1max}, D_{2min} și D_{2max} s-au considerat în două ipoteze, plasate la distanța L_{min} (fig. 10.9, *a*) și la distanța L_{max} (fig. 10.9, *b*), se observă că alezajele efective (desenate punctat și ale căror diametre sînt: $D_{1ef} = D_{1med}$ și $D_{2ef} = D_{2med}$), plasate la o distanță efectivă (L_{1ef}) mai mică decît L_{min}, respectă atît condiția x_{min} (A_{ix}) cît și condiția y_{min} (A_{iy}), fapt pentru care piesele cu aceste alezaje se admit ca bune deși în realitate au $L_{ef1} < L_{min}$.

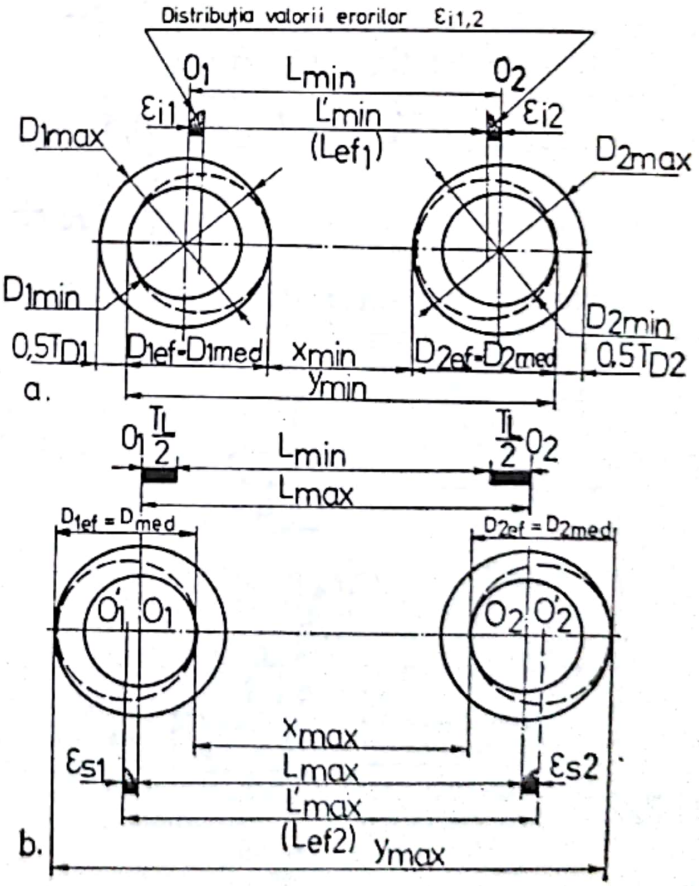


Fig. 10.9. Schema de calcul al erorii caracteristice principiului de măsurare:
a — la limita inferioară; *b* — la limita superioară.

Scanned with OKEN Scanner

Eroarea de măsurare caracteristică principiului de măsurare, la limita inferioară, va fi:

$$\varepsilon_{epi} = \varepsilon_{i1} + \varepsilon_{i2} \tag{10.18}$$

Conform fig. 10.9 se obține

$$\varepsilon_{i1} = L_{min} - L'_{min} = L_{min} - 0{,}5\,(x_{min} + y_{min}) \tag{10.19}$$

și, ținînd seama de relațiile (10.3) și (10.4), rezultă

$$\varepsilon_{cpi} = L_{min} - 0{,}5[L_{min} - 0{,}5(D_{1max} + D_{2max}) + L_{min} + 0{,}5(D_{1min} + D_{2min})] = -\frac{1}{4}(T_{D1} + T_{D2}) = -\frac{1}{4}(T_{D1} + T_{D2}). \tag{10.20}$$

La limita superioară de control (fig. 10.9, *b*) alezajele plasate la cota $L_{ef2} > L_{max}$ respectă atît condiția $x_{max}(A_{sx})$ cît și condiția $y_{max}(A_{sy})$, fapt pentru care sînt acceptate ca bune, deși în realitate au $L'_{max} > L_{max}$.

Eroarea de măsurare, la limita superioară (fig. 10.9,*b*), va fi

$$\varepsilon_{cps} = \varepsilon_{s1} + \varepsilon_{s2} \tag{10.21}$$

Din aceeași figură rezultă

$$\varepsilon_{spc} = L'_{max} - L_{max} = 0{,}5\,(x_{max} + y_{max}) - L_{max} = + \frac{1}{4}(T_{D1} + T_{D2}). \tag{10.22}$$

Eroarea caracteristică principiului de măsurare pentru ambele limite de control va fi

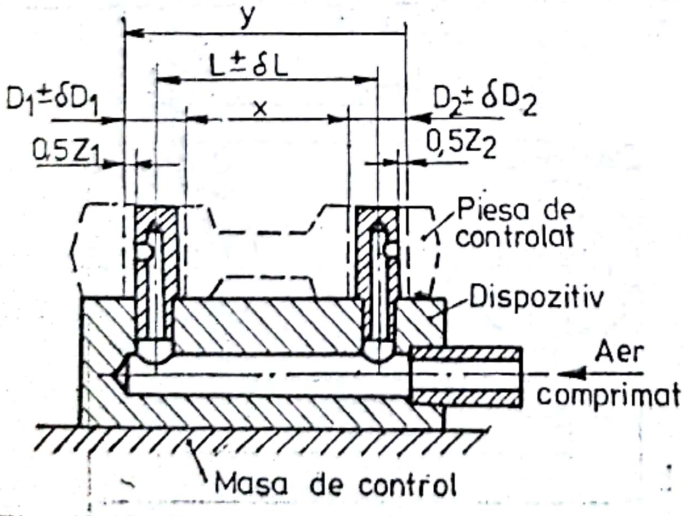


Fig. 10.10. Dispozitiv pneumatic pentru controlul distanței dintre axele alezajelor numai în funcție de cota *y*.

$$\varepsilon_{cp} = \varepsilon_{cpi} + \varepsilon_{cps} = \pm\frac{1}{4}(T_{D1} + T_{D2}), \tag{10.23}$$

iar cîmpul de împrăștiere (toleranța) acestei erori va fi

$$T_{\varepsilon cp} = \frac{1}{2}(T_{D1} + T_{D2}). \tag{10.24}$$

Procedeul b — cînd se controlează numai una dintre cotele *x* sau *y* (fig. 10.10) — satisfacerea numai a condițiilor $y_{min}(A_{iy})$ și $y_{max}(A_{sy})$

Scanned with OKEN Scanner

(fig. 10.11, *a* și *b*) sau numai a condițiilor $x_{min}(A_{ix})$ și x_{max} (A_{sx}). Din schema prezentată se observă că alezajele desenate punctat, plasate la distanțele $L_{1ef} < L_{min}$ (fig. 10.11, *a*) și, respectiv, $L_{2ef} > L_{max}$ (fig. 10.11, *b*), respectă condițiile $y_{min}(A_{iy})$ și $y_{max}(A_{sy})$ și ca atare vor fi acceptate ca bune, deși în realitate se află în afara limitelor tolerate.

De data aceasta eroarea caracteristică principiului de măsurare și toleranța acestei erori vor fi

$$\varepsilon_{cp} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_1' + \varepsilon_2' =$$

$$= \pm \frac{1}{2}(T_{D1} + T_{D2}), \quad (10.24)$$

$$T_{\varepsilon cp} = T_{D1} + T_{D2} \quad (10.25)$$

de două ori mai mari decît în cazul procedeului *a*.

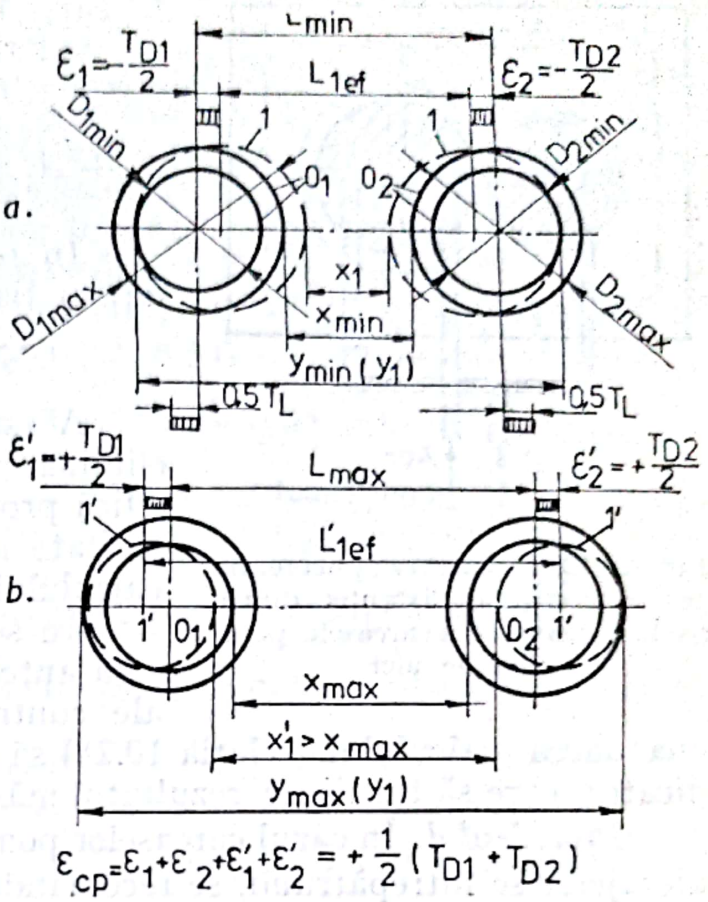


Fig. 10.11. Schema de calcul al erorii caracteristice principiului de măsurare:
a — la limita inferioară; *b* — la limita superioară.

Spre deosebire de procedeul *a*, la care eroarea ε_{cp} are valoarea maximă cînd alezajele au diametrele $D_{1ef} = D_{1med}$ și $D_{2ef} = D_{2med}$, în cadrul procedeului *b* eroarea ε_{cp} va fi maximă cînd $D_{1ef} = D_{1min}$ și $D_{2ef} = D_{2min}$.

Întrucît diametrele medii, conform calculului probabilităților, au frecvența maximă, înseamnă că în cazul *a* obținerea erorii ε_{cp} cu valoare maximă va avea frecvența de asemenea maximă [18].

Observație. În cazul controlării numai a cotelor x_{min} și x_{max}, eroarea ε_{cp} și cîmpul de împrăștiere al acestei erori vor avea aceleași valori ca și în caz controlării numai a cotelor y_{min} și y_{max} (fig. 10.11).

Procedeul c. În acest caz, abaterea efectivă a distanței dintre axele alezajelor se determină indirect ca semisumă a abaterilor efective ale cotelor *x* și *y*.

Raționamentul acestui procedeu are la bază relația

$$L_{ef} = \frac{x_{ef} + y_{ef}}{2} \quad (10.26)$$

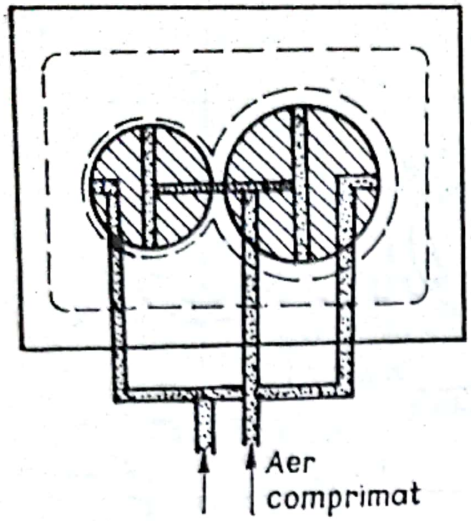


Fig. 10.12. Dispozitiv pneumatic pentru controlul distanței dintre axele alezajelor la carcasele pompelor de ulei.

în care, notînd valorile efective, în funcție de valorile nominale și de abaterile efective respective, se obține

$$L + A_{Lef} = \frac{x + A_{xef} + y + A_{yef}}{2} \quad (10.27)$$

În relația (10.27) ținîndu-se seama de relația (10.2) rezultă

$$A_{Lef} = 0{,}5\ (A_{xef} + A_{yef}) \quad (10.28)$$

Acest mod de a proceda conduce la eliminarea totală a erorii ε_{cp}[18, 23] specifică procedeelor *a* și *b*, însă are productivitate mai scăzută, datorită efectuării calculului, conform relației (10.28).

În scopul măririi productivității și siguranței controlului, atribute esențiale ale controlului modern, este necesar ca efectuarea calculului (relația 10.28) să fie făcută de către aparatul indicator, care să furnizeze rezultatul măsurării sub o singură citire [23].

Procedeul d. În cazul carcaselor pompelor de ulei, la care contururile alezajelor se întrepătrund, se recomandă aplicarea schemei de măsurare reprezentată în fig. 10.12.

Această schemă are la bază relațiile

$$L = y - 0{,}5\ (D_1 + D_2) \quad (10.29)$$

$$L_{ef} = y_{ef} - 0{,}5\ (D_{1ef} + D_{2ef}) \quad (10.30)$$

din care, notînd dimensiunile efective în funcție de dimensiunile nominale și abaterile efective, rezultă

$$L + A_{Lef} = y + A_{yef} - 0{,}5\ (D_1 + A_{D1ef} + D_2 + A_{D2ef}) \quad (10.31)$$

Din această relație, ținînd seama de relația (10.29), se obține

$$A_{Lef} = A_{yef} - 0{,}5\ (A_{D1ef} + A_{D2ef}) \quad (10.32)$$

În mod similar se obține

$$A_{Lef} = A_{xef} + 0{,}5\ (A_{D1ef} + A_{D2ef}) \quad (10.33)$$

Se demonstrează [18, 23] că și acest procedeu are eroarea $\varepsilon_{cp} = 0$ și de asemenea, productivitatea scăzută.

Pentru o mai bună concretizare a celor prezentate se va analiza prin prisma celor patru procedee *a*,*b*,*c*, și *d*, următoarea aplicație practică.

Scanned with OKEN Scanner

La un lot de piese pentru ca s-a prescris: $L = 300 \pm 0{,}05$ mm; $D_1 = D_2 = \varnothing 50^{+0{,}04}_{0}$ mm, considerînd că unele piese au cota L în afara limitelor prescrise; $L_{1ef} = 299{,}94$ mm (adică $AL_{ef1} = -0{,}06$ mm), $L_{2ef} = 300{,}06$ mm ($AL_{ef2} = +0{,}06$ mm) și $D_{1ef} = D_{2ef} = \varnothing 50{,}02$ mm, ($AD_{1ef} = A_{D2ef} = 0{,}02$ mm), în limitele prescrise, urmează să se vadă dacă, la controlul cu ajutorul aparatului de măsurare analizat, se depistează sau nu piesele care au L_{1ef} și L_{2ef} în afara limitelor tolerate.

Procedeul a. Se calculează abaterile limită ale cotelor x și y cu ajutorul relațiilor (10.9) și (10.10) și, respectiv, (10.22) și (10.12), obținîndu-se

$$A_{ix} = -0{,}05 - 0{,}5(0{,}04 + 0{,}04) = -0{,}09 \text{ mm}$$

$$A_{sx} = +0{,}05 - 0{,}5\ (0-0) = +0{,}05 \text{ mm}$$

și, respectiv

$$A_{iy} = -0{,}05 + 0{,}5\ (0 + 0) = -0{,}05 \text{ mm}$$

$$A_{sy} = +0{,}05 + 0{,}5(0{,}04 + 0{,}04) = +0{,}09 \text{ mm}$$

Apoi, în baza relațiilor cunoscute [5] se calculează abaterile efective:

$$A_{xef1} = A_{Lef1} - 0{,}5\ (A_{D1ef} + A_{D2ef}) = -0{,}06 - 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = -0{,}08 \text{ mm}$$

$$A_{xef2} = A_{Lef2} - 0{,}5(A_{D1ef} + A_{D2ef}) = +0{,}06 - 0{,}5\ (0{,}02 + 0{,}02) = +0{,}04 \text{ mm},$$

și, respectiv,

$$A_{yef1} = A_{Lef1} + 0{,}5\ (A_{D1ef} + A_{D2ef}) = -0{,}06 + 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = -0{,}04 \text{ mm}.$$

$$A_{yef2} = A_{Lef2} + 0{,}5(A_{D1ef} + A_{D2ef}) = +0{,}06 + 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = +0{,}08 \text{ mm}$$

Toate aceste abateri efective încadrîndu-se în limitele admisibile ($A_{ix} < A_{xef} < A_{sx}$ și $A_{iy} < A_{yef} < A_{sy}$), înseamnă că, la control, piesele considerate în enunțul aplicației cu $L_{ef1} < L_{min}$ și, respectiv, cu $L_{ef2} > L_{max}$ vor fi acceptate ca bune, deși ele se află în afara limitelor admisibile.

Eroarea caracteristică principiului de măsurare ε_{cp} și cîmpul de împrăștiere (toleranța) acestei erori, conform relațiilor (10.23) și (10.24) vor fi

$$\varepsilon_{cp} = \pm \frac{1}{4}(T_{D1} + T_{D2}) = \pm \frac{1}{4}(0{,}04 + 0{,}04) = \pm 0{,}02 \text{ mm și}$$

$T_{\varepsilon cp} = 0{,}04$ mm, ceea ce, în aplicația considerată, reprezintă 40% din toleranța prescrisă la cota L, inadmisibil de mare, operația de

Scanned with OKEN Scanner

control neatingîndu-și scopul și prezentînd un grad ridicat de incertitudine [18].

Procedeul b. În baza relației (10.25), considerînd că se controlează numai una din cote (cota l), se obține $T_{\varepsilon cp} = 0{,}08$ mm, ceea ce reprezintă 80% din toleranța T_L, operația de control avînd în acest caz un grad de incertitudine și mai mare.

Procedeul c. Se determină prin calcul (indirect) abaterea efectivă a distanței L, în funcție de abaterile efective ale cotelor x și y, aplicînd relația (10.28);

$$A_{Lef1} = 0{,}5(A_{xef1} + A_{yef1}) = 0{,}5(-0{,}08 - 0{,}04) = -0{,}06 \text{ mm}$$

$$A_{Lef2} = 0{,}5(A_{xef2} + A_{yef2}) = 0{,}5(+0{,}04 + 0{,}04) = +0{,}06 \text{ mm}$$

Întrucît ambele abateri efective ale cotei L au fost găsite cu valori în afara abaterilor limită admisibile $A_{Lef1} < (A_{iL} = -0{,}05$ mm) și $A_{Lef2} > (A_{sL} = +0{,}05$ mm), piesele respective se rebutează, așa după cum în cazul aplicației considerate este normal. Prin aceasta se dovedește că eroarea $\varepsilon_{cp} = 0$.

Procedeul d. În baza relațiilor (10.32) și (10.33) se obține

$$A_{Lef1} = A_{yef1} - 0{,}5(A_{D1ef} + A_{D2ef}) = -0{,}04 - 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = -0{,}06 \text{ mm}$$

$$A_{Lef2} = A_{yef2} - 0{,}5(A_{D1ef} + A_{D2ef}) = +0{,}08 - 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = +0{,}06 \text{ mm}$$

și respectiv

$$A_{Lef1} = A_{xef1} + 0{,}5(A_{D1ef} + A_{D2ef}) = 0{,}08 + 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = -0{,}06 \text{ mm}$$

$$A_{Lef2} = A_{xef2} + 0{,}5(A_{D1ef} + A_{D2ef}) = +0{,}04 + 0{,}5(0{,}02 + 0{,}02) = +0{,}06 \text{ mm}$$

Deoarece toate aceste abateri ale cotei L sînt în afara limitelor admisibile: $A_{Lef1} < (A_{iL} = 0{,}05$ mm) și $A_{Lef2} > (A_{cL} = +0{,}05$ mm), piesele respective se rebutează, așa după cum era și normal (ținînd seama de enunțul aplicației considerate).

În baza celor prezentate se poate trage concluzia că, chiar și în cadrul metodelor și aparatelor moderne de măsurare, după cum este cazul celor pneumatice pentru controlul distanței dintre axele alezajelor, erorile de măsurare pot să aibă valori inadmisibil de mari, dacă alegerea procedeului de control nu se face în mod justificat, pe bază de calcule analitice.

Scanned with OKEN Scanner

10.4. Dornuri de control autocentrante acționate pneumatic

Studiile amănunțite și cercetările experimentale efectuate în lucrările [18,23] au condus la concluzia că în vederea controlării preciziei de poziție a alezajelor este necesară materializarea corectă a axelor alezajelor (materializarea suprafeței adiacente) folosindu-se în acest scop dornuri de control autocentrante [19, 20], acționate manual, mecanic, mecano-hidraulic sau pneumatic.

În fig. 10.13 este prezentat un dorn de control cu două rînduri de plunjere autocentrante, acționate pneumatic. Deplasarea simultană în direcție radială a celor două rînduri de plunjere *4* și *13* se face prin deplasarea axială a cîte unei piese conice *7* și respectiv *12*, de către aerul comprimat, introdus în interiorul corpului *1* al dornului de control racordat la rețeaua de aer comprimat, prin intermediul furtunului *19*. Aerul la intrarea prin orificiul *o* va presa pe suprafețele pieselor *9* și respectiv *10* și pe garniturile *8* și, respectiv *11*, solidare cu pistoanele *7* și respectiv *12*. În momentul întreruperii alimentării cu aer și comutarea robinetului în poziția de comunicare cu atmosfera, arcurile *16* și *31* deplasează în sens invers pistonașele *12* și *7*, devenind posibilă retragerea plunjerelor *11* și *13* sub acțiunea inelelor elastice *14* și, respectiv *5*. Deplasarea plunjerelor se face ghidat cu ajutorul a cîte unei bile *30* și, respectiv *29*, acționate de cîte un arc *3* și, respectiv *28*, reglate cu cîte un

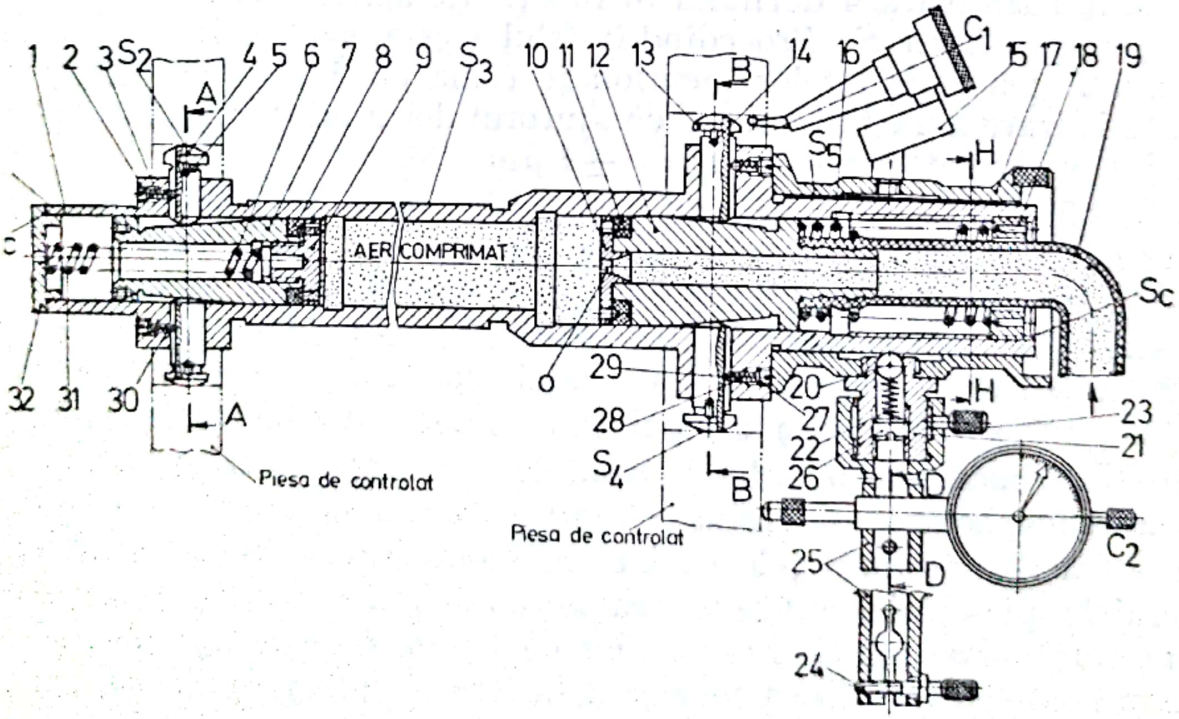


Fig. 10.13. Dorn de control cu două rînduri de plunjere autocentrante, prevăzut cu acționare pneumatică.

Scanned with OKEN Scanner

șurub *2* și, respectiv *27*. Comparatoarele C_1 și C_2 sînt fixate în cîte un suport special *15* și respectiv *25*, suporții care la rîndul lor sînt montați pe bucșa *17*, prevăzute cu posibilitate de rotire, fără joc, față de corpul *1*. Jocul dintre bucșa *17* și corpul *1* este preluat cu ajutorul bilei *20*, acționată de arcul *22*, a cărui forță se poate regla cu șurubul *26*. Arcurile *31* și *16* se reazemă pe cîte o piesă de reazem *32* și respectiv *18*. Suportul *25* se fixează la axul *21* cu ajutorul unui șurub *23* iar comparatorul C_2 se fixează în suportul *25* cu ajutorul șurubului *24*.

Facem mențiunea că cu unele adaptări, dornul prezentat poate fi acționat și manual și mecano-hidraulic [18, 20].

Folosirea dornului se face astfel: se introduce dornul în alezajele piesei de controlat și se comandă cu ajutorul distribuitorului, introducerea aerului în corpul *1*, producîndu-se astfel, autocentrarea dornului în alezajele piesei considerate; se rotește la 360°, cu mîna, bucșa *17*, observîndu-se — la comparatoarele C_1 — abaterea de la coaxialitatea alezajelor față de axa comună materializată iar la comparatorul C_2 — bătaia frontală, ca diferență dintre citirea cea mai mare și cea mai mică [18, 20, 23]. Numărul plunjerelor din fiecare rînd poate să fie 3 sau 4. Rezultate mai bune oferă dornurile cu cîte 4 plunjere [18].

În scopul obținerii unei precizii ridicate de materializare a axei alezajelor și în scopul controlării cu precizie ridicată a bătăii frontale și a coaxialității, se prevede ca suprafețele S_1, S_2, S_3, S_4 și S_5 să fie finisate în stare asamblată a dornului în funcție de aceeași bază de centrare și fixare, suprafețele S_c. Procedînd în felul acesta, s-a reușit să se realizeze coaxialitatea suprafețelor menționate egală cu 3 μm [23]. Eroarea de materializare a axei alezajelor cu ajutorul dornului (fig. 10.13), determinată experimental, este de circa ±4 μm [18].

În fig. 10.14 este prezentat un dorn de control autocentrant cu bucșă elastică bilaterală, prevăzut de asemenea cu acționare pneumatică.

În vederea materializării axei alezajului piesei de controlat, bucșa elastică bilaterală în trepte *1* este extinsă la unul dintre capete cu suprafața conică *a* a axului *2* iar la celălalt capăt — cu suprafața conică *b* a bucșei *3* sub acțiunea aerului comprimat introdus în încăperea L_1. Arcurile *6* montate între fețele frontale ale bucșei elastice și fețele fron ale ale conurilor *a* și *b* au rolul să înlăture eventuala înțepenire a bucșei *1*- pe vreuna din suprafețele conice, în momentul scoaterii dornului din alezajele piesei. La introducerea aerului comprimat în încăperea L_2 a motorului pneumatic M_p, solidar cu bucșa *3*, se obține îndepărtarea conurilor *a* și *b* și deci restrîngerea diametrului bucșei elastice la o valoare ceva mai mică decît diametrul minim prescris la alezajul piesei, devenind posibilă astfel introducerea și scoaterea dornului din alezajele respective.

Scanned with OKEN Scanner

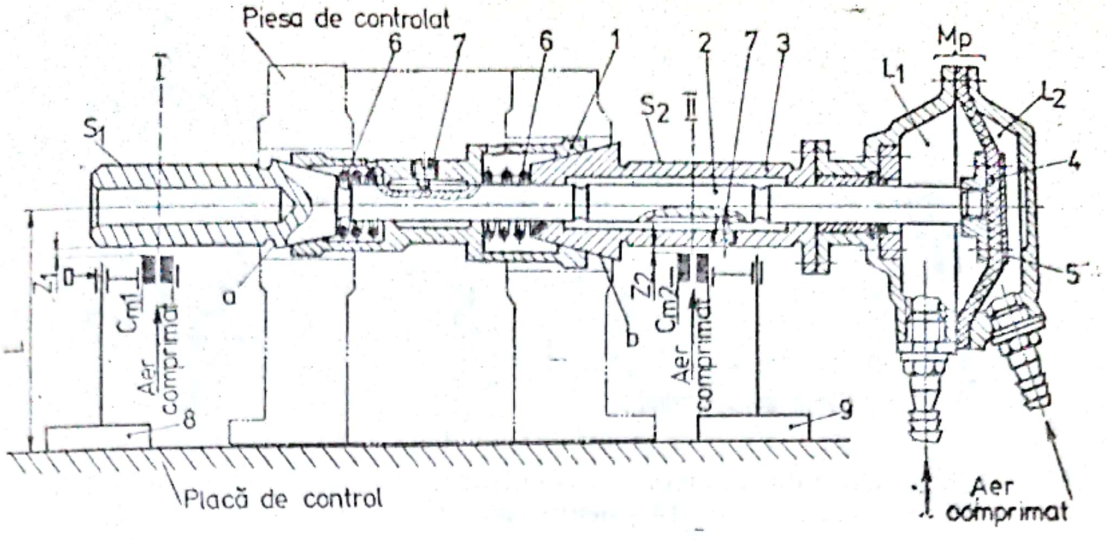


Fig. 10.14. Dorn de control autocentrant, cu bucșă elastică, prevăzut cu acționare pneumatică.

Interstițiile z_I și z_{II} ale duzelor de măsurare C_{m1} și C_{m2} (fixate în suporții *8* și respectiv *9*, în planele de măsurare *I* și *II*) fiind variabile în funcție de erorile de paralelism și de distanță ale axei alezajelor în linie ale piesei față de suprafața plăcii de control care materializează suprafața adiacentă a tălpii carcasei (piesei) de controlat, rezultă că la traductoarele pneumatice la care se racordează duzele de măsurare se vor citi erorile de paralelism și de distanță ale alezajelor piesei în planele de măsurare *I* și *II*.

Distanța L va fi corectă numai dacă citirile C_I și C_{II} corespunzătoare interstițiilor z_I și z_{II} se vor încadra în abaterile limită prescrise, iar paralelismul — dacă diferența citirilor C_I și C_{II} raportată la distanța dintre planele de măsurare *I* și *II* se încadrează în toleranța prescrisă la paralelism.

Principalele avantaje ale dornului prezentat sînt: manevrare ușoară și rapidă, ușurînd efortul depus de lucrător; deformații de contact neglijabile; înlăturarea influenței toleranței alezajului (alezajelor) piesei asupra preciziei de autocentrare (pune în evidență suprafața adiacentă a alezajelor).

În fig. 10.15 este prezentat un dorn de control autocentrant cu arcuri-disc, prevăzut cu acționare pneumatică. Arcurile-disc (denumite și arcuri-farfurie) au o utilizare tot mai largă ca mecanisme de centrare și strîngere a pieselor de prelucrat, asigurînd o precizie de centrare mai ridicată decît cea realizată de bucșele elastice [17]. A ceasta pledează în favoarea folosirii arcurilor-disc și în cazul dornurilor de control [19].

Scanned with OKEN Scanner

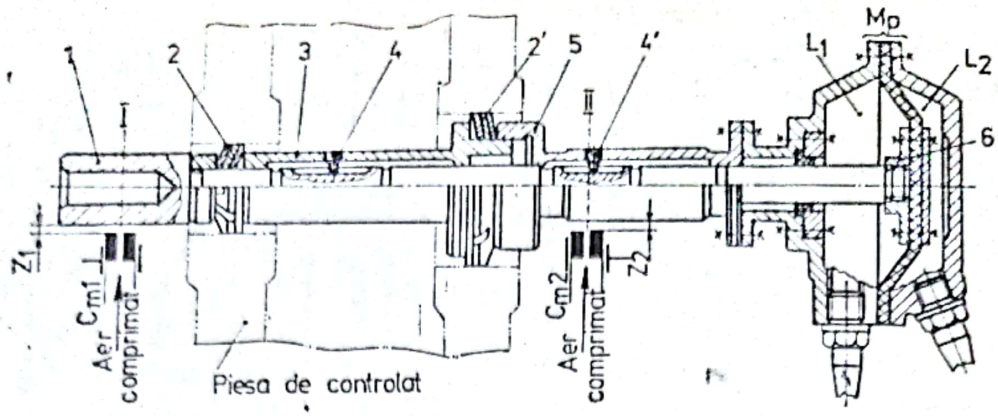


Fig. 10.15. Dorn de control autocentrant, cu arcuri disc, acționat pneumatic.

Comprimarea arcurilor *2* și *2'* (fig. 10.15) se realizează, ca și în cazul dornurilor cu bucșă elastică, prin introducerea aerului comprimat în încăperea L_1 a motorului pneumatic M_p. Comprimarea se va realiza prin intermediul bucșei *6*, axului *1*, bucșei distanțiere *3*, și bucșei *5*. Șuruburile *4* și *4'* au rolul de ghidare a bucșelor *3* și, respectiv, *5* față de axul central *1*.

Abaterile distanței și paralelismului axei alezajelor față de baza de referință vor fi puse în evidență în același mod arătat în cadrul figurii 10.11, în funcție de variația interstițiilor z_I și z_{II}.

Avantajele dornurilor cu arcuri-disc: simplitate constructivă, ușurință în manevrare și realizare; lipsa aproape totală a frecării de alunecare, care duce la utilizarea unor forțe mici; executarea în serie a arcurilor-disc ca fiind mai ieftină în comparație cu executarea bucșelor elastice [17].

Diametrul exterior al arcurilor normalizate este cuprins între 18 și 200 mm iar diametrul interior între 4 și 160 mm. Forțele axiale variază între 13 și 960 daN.

În fig. 10.16 este prezentat un dorn de control autocentrant cu bucșa cu nervuri *2*, comprimată în același mod arătat la dornul analizat anterior. Bucșa crestată *4* are scopul de a evita suprasolicitarea bucșei *2* în porțiunile subțiate (suprafețele S_1 și S_3). Știfturile filetate *3* și *3'* ghidează, față de axul *1*, bucșele *2* și *5*. Aceste dornuri pot fi construite pentru materializarea axelor alezajelor cu diametre cuprinse între 6 și 350 mm [19].

Deformația elastică a bucșei trebuie să respecte condiția $\Delta D \leqslant \leqslant 0{,}0015\, D_{alezaj}$ [17], ceea ce înseamnă că alezajele piesei nu trebuie să aibă precizie mai scăzută decît cea corespunzătoare treptelor de precizie 7...9.

Scanned with OKEN Scanner

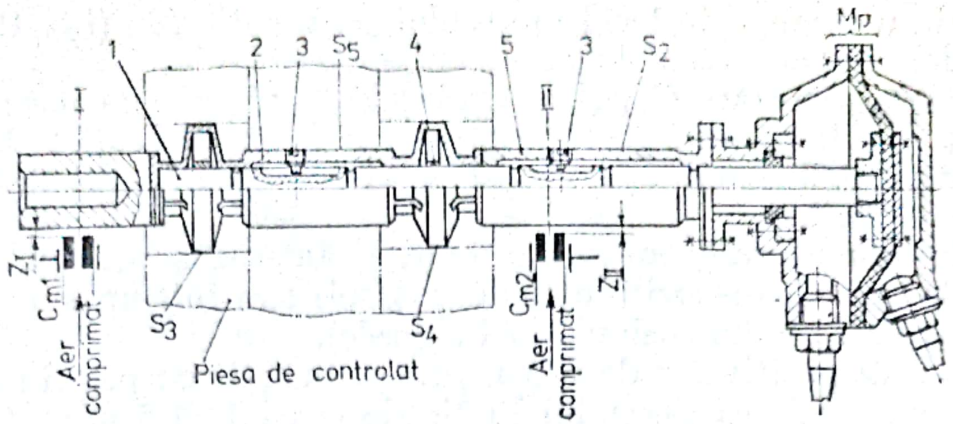


Fig. 10.16. Dorn de control autocentrant, cu bucșă cu nervuri, acționat pneumatic.

Măsurarea abaterilor distanței și paralelismului axei alezajelor față de baza de referință se face în același mod prezentat în cadrul fig. 10.14, folosindu-se în acest scop duzele de măsurare C_{m1} și C_{m2}, plasate de asemenea în planele de măsurare *I* și *II*.

În fig. 10.17 este prezentat un dorn de control cu hidroplast [19]. Materializarea axei alezajelor se realizează de data aceasta cu ajutorul bucșelor (bucșei) cu pereți subțiri *3* și *3'* acționate pneumatic prin intermediul hidroplastului apăsat de știftul *5*, montat în alezajul central al axului *1*. Pentru umplerea dornului cu hidroplast se folosesc orificiile astupate cu șuruburile *2* și, respectiv, *4*.

Forța necesară creării presiunii hidrostatice în vederea deformării elastice în direcție radială a bucșelor cu pereți subțiri *3* și *3'* se mai poate

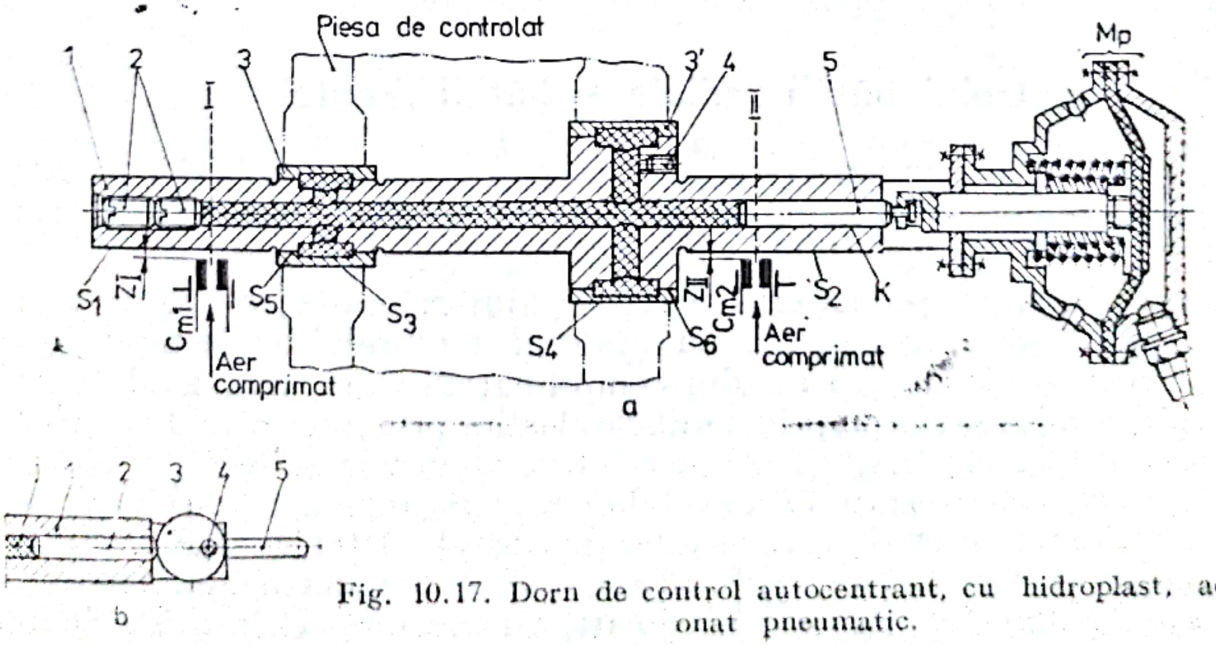


Fig. 10.17. Dorn de control autocentrant, cu hidroplast, acționat pneumatic.

Scanned with OKEN Scanner

realiza, prin utilizarea, în locul motorului pneumatic M_p (fig. 10.17, *a*), a unui mecanism cu excentric (fig. 10.17, *b*).

Duzele de măsurare C_{m1} și C_{m2}, plasate în planele de măsurare *I* și *II*, servesc, ca și în cazurile precedente, la punerea în evidență a abaterilor distanței și paralelismului axei celor două alezaje în linie față de baza de referință considerată.

Duzele de măsurare pot să fie montate într-un suport fix (solidar cu placa de bază a dispozitivului de control) sau într-un suport mobil (în cazul pieselor de dimensiuni mari și grele).

În cazul dispozitivelor de lucru, pentru bucșele cu pereți subțiri se recomandă ca grosimea peretelui să fie de circa 1...1,5 mm. Abaterea maximă a grosimii peretelui nu trebuie să depășească $\pm 0{,}03$ mm, pentru bucșe cu $D < 40$ mm, și $\pm 0{,}05$ mm, pentru $D > 40$ mm, ceea ce se consideră a fi valabil și în cazul dornurilor de control (metodica de calcul a dornurilor de control cu hidroplast este identică cu cea a dornurilor de lucru cu hidroplast [17]).

Coaxialitatea suprafețelor S_1 și S_2 se poate realiza prin prelucrarea acestor suprafețe din aceeași centrare și fixare — axa dornului *1*, iar coaxialitatea suprafețelor S_1 și S_4 — prin realizarea corectă a suprafețelor S_5 și S_6 ale dornului *1* și respectiv prin uniformitatea grosimii peretelui la bucșele *3* și *3'*.

Dornurile de control cu hidroplast dau precizie și productivitate ridicate, prezentînd și avantajele construcției simple și ale unor deformații de contact mult mai mici decît în cazul celorlalte tipuri de dornuri de control.

Alte tipuri de dornuri de control, acționate manual, mecanic sau mecano-hidraulic sînt prezentate în lucrările [18, 23].

10.5. Controlul bătăii radiale și bătăii frontale

La piesele din grupa bucșelor și casetelor, controlul bătăii radiale și bătăii frontale se poate face folosind dispozitive de control de tipul celui prezentat în fig. 10.18.

Axa alezajului se materializează cu ajutorul șaibelor elastice *7*, a căror comprimare se execută cu ajutorul motorului pneumatic M_p. În momentul introducerii aerului comprimat în camera i_1, axul *10* se va deplasa în jos și va comprima șaibele elastice prin intermediul bucșelor distanțiere *9* și *12*. Discurile *8* au rolul de a proteja șaibele împotriva lovirii iar bucșele crestate *11* au rolul de a preîntîmpina suprasolicitările șaibelor elastice (deteriorarea acestora). Știftul filetat *13* are rolul de a împiedica scoaterea din corpul *2* al axului conic *6*, în momentul scoaterii piesei din dispozitiv. Motorul pneumatic cu membrană elastică [17] se

Scanned with OKEN Scanner

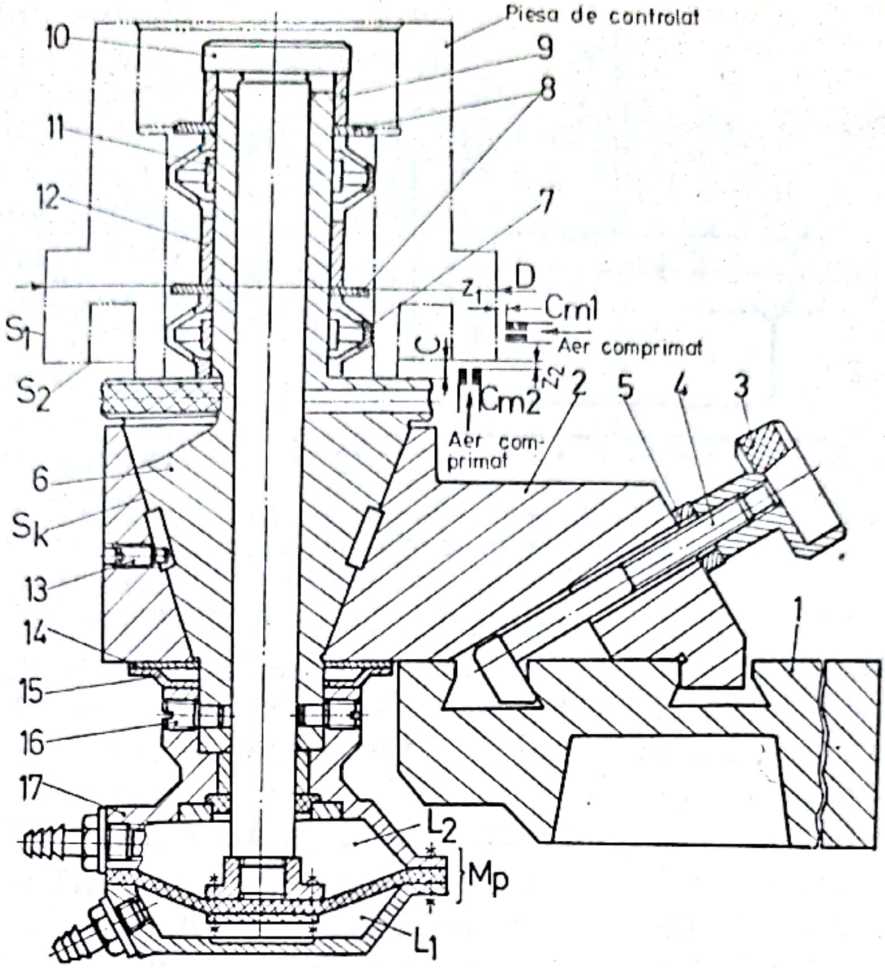


Fig. 10.18. Dispozitiv pentru controlul bătăii radiale și frontale la piesele din grupa bucșelor și casetelor.

montează la partea rotitoare a dispozitivului (de axul *6*) prin intermediul corpului *17* de construcție adecvată și prin șuruburile *16*.

Șaiba *15* are rolul de a produce o ușoară presare (arcuire) pe șaiba *14*, în contact cu corpul *2*, astfel încît frecarea să nu fie prea mare în momentul rotirii axului *6* față de corpul *2*. Corpul *2* se fixează, în sistem modular, pe canalele plăcii de bază *1*, construcție adecvată [18], cu ajutorul șurubului *4*, rozetei filetate *3* și șaibei *5*.

În momentul rotirii piesei de controlat, centrată și fixată în dispozitiv (pe axul *6*), duza de măsurare C_{m1}, datorită variației interstițiului de aer z_1, va sesiza bătaia radială a suprafeței S_1, iar duza de măsurare C_{m2}, datorită variației interstițiului de aer z_2, va sesiza bătaia frontală a suprafeței S_2. În acest scop, duzele de măsurare ale aparatelor pneumatice respective sînt reglate la o distanță corespunzătoare formării interstițiului necesar măsurării.

Dispozitivul prezentat, ca și dornurile de control acționate pneumatic, are următoarele avantaje: elimină complet jocul dintre partea fixă și

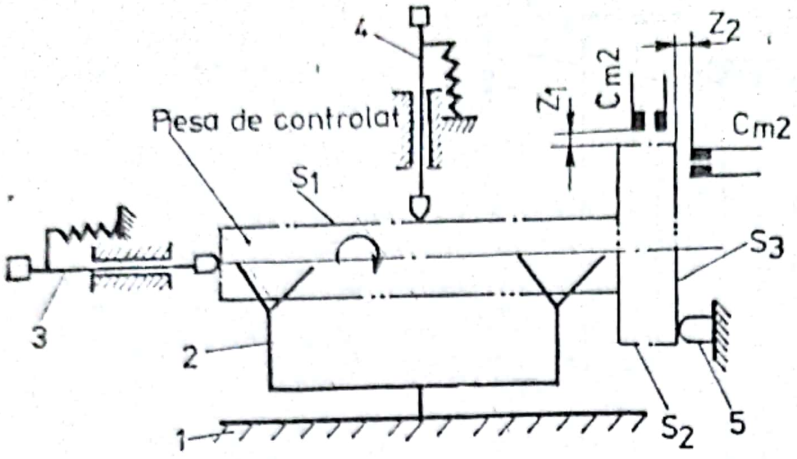


Fig. 10.19. Schema de control a dispozitivului de control al bătăii radiale și frontale la piesele din grupa arborilor.

partea rotitoare prin aceea că asamblarea acestora se face prin intermediul suprafețelor conice S_k, rodate; ușurează efortul depus de lucrător; citirea abaterilor se face cu precizie ridicată pe scara traductoarelor pneumatice care au valoarea diviziunii de 1 μm; materializarea axei alezajelor de diferite diametre și lungimi se realizează prin montarea interschimbabilă a unor șaibe elastice de diametru corespunzător și prin folosirea de bucșe distanțiere de lungime adecvată scopului; pe placa de bază *1* se pot monta interschimbabil, în sistem modular, și alte dispozitive de control.

În cazul producției de serie mică și unicate, dispozitivul se poate construi și în varianta de acționare mecanică cu șurub [18].

În fig. 10.19 este prezentată schema de control al bătăii radiale și al bătăii frontale la piesele din grupa arborilor în trepte.

Piesa de controlat se așază pe prisma dublă *2*, montată pe placa de bază *1*, în modul arătat în cadrul fig. 10.18, sau într-un alt mod [18, 23]. Contactul piesei cu limitatorul *5* și cu prisma dublă *2* este asigurat de către împingătoarele cu arc *3* și, respectiv, 4.

Bătaia radială a suprafeței S_2 și bătaia frontală a suprafeței S_3 în raport de suprafața S_1 vor fi sesizate de către duzele de măsurare C_{m1} și respectiv C_{m2}, la rotirea piesei cu 360°C. Interstițiile de aer z_1 și z_2 vor fi variabile în funcție de erorile suprafețelor S_2 și S_3, citite pe scara traductoarelor la care sînt conectate duzele de măsurare respective.

Bătaia radială, ca și bătaia frontală, se exprimă prin diferența dintre citirea cu valoarea cea mai mare și citirea cu valoarea cea mai mică, la o rotație completă a piesei.

10.6. Controlul simetriei

În fig. 10.20 se prezintă un exemplu de măsurare a abaterii de la simetrie a suprafețelor S_1 și S_2 față de axa alezajului materializată cu ajutorul unui dorn de control autocentrant de tipul celor prezentate în subcapitolul 10.4, sau în lucrările [18, 19, 20].

Scanned with OKEN Scanner

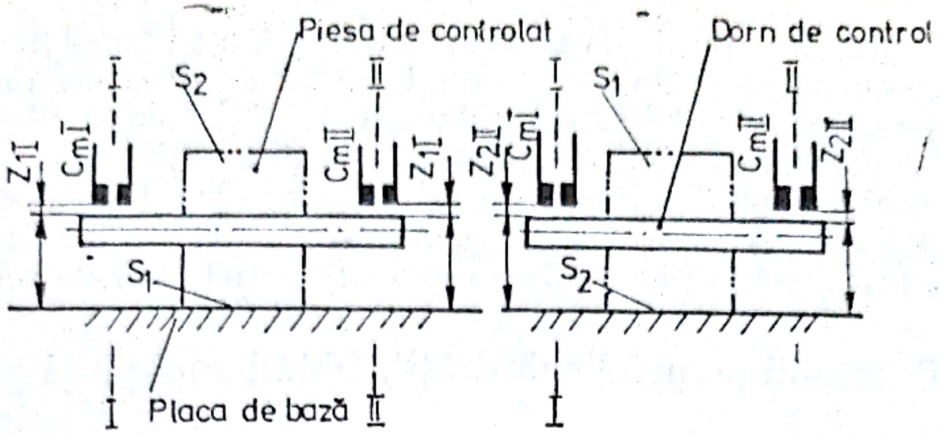


Fig. 10.20. Schema de control al simetriei alezajului față de două suprafețe plane.

Piesa de controlat, cu dornul introdus în alezaj, se așază direct pe placa de bază a dispozitivului de control, mai întîi cu suprafața S_1 (fig. 10.20, *a*) și apoi cu suprafața S_2 (fig. 10.20 *b*), măsurîndu-se abaterile cotelor C_{1I} și C_{1II} în planele de măsurare *I* și *II*, abateri ale căror valori vor fi în funcție de variația interstițiilor z_{1I} și z_{1II}.

Abaterile de simetrie vor fi

$$AP_{SI} = \frac{z_{1I} - z_{2I}}{2} \quad \text{și} \quad AP_{SII} = \frac{z_{1II} - z_{2II}}{2}. \tag{10.34}$$

Piesa se consideră bună dacă AP_{SI} și AP_{SII} se încadrează în limitele prescrise.

Duzele de măsurare C_{m1} și C_{m2} sînt conectate la traductoarele pneumatice cunoscute [21].

În baza schemei prezentate, cu ajutorul citirilor luate în planele de măsurare *I* și *II*, se pot pune în evidență și erorile de distanță și de paralelism ale axei alezajului față de baza de referință considerată, procedîndu-se în același mod ca la subcapitolul 10.4.

În fig. 10.21 este prezentată schema de măsurare a simetriei găurii de

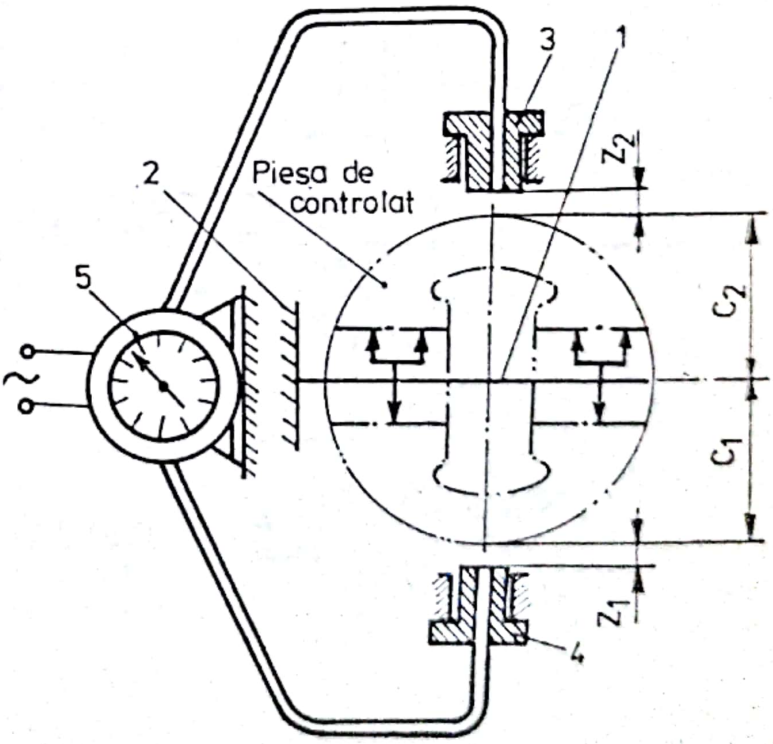


Fig. 10.21. Schema dispozitivului de control al simetriei găurii de bolț la pistoane.

Scanned with OKEN Scanner

bolț la pistoane, față de suprafața exterioară a pistonului. Pistonul se introduce cu gaura de bolț pe dornul autocentrant *1*, fixat în poziție orizontală pe suportul *2* al dispozitivului. Duzele *3* și *4* sînt cuplate la cele două părți ale traductorului electromagnetic diferențial *5*.

Asimetria se poate determina fie prin semindiferența interstițiilor z_1 și z_2 indicate de traductorul *5*, fie prin citirea separată a cotelor C_1 și C_2 la două traductoare pneumatice de tip Superjet, sau de un alt tip.

10.7. Controlul perpendicularității, bătăii radiale și planității suprafețelor

Piesa se așază pe placa de bază *1*, fiind adusă în contact cu limitatorii *3* cu ajutorul împingătorului cu bilă și arc *2* (fig. 10.22). Abaterea de perpendicularitate, în domeniul lungimii de referință *l*, la rotirea piesei cu 360°, se exprimă în funcție de variația interstițiului de aer z_1 al duzei de măsurare C_{m1}, fixată într-un suport *4* și racordat la un traductor pneumatic. Bătaia radială (coaxialitatea) suprafeței S_2 față de S_1, este sesizată prin variația interstițiului de aer z_2 al duzei de măsurare C_{m2} fixată într-un suport *5*, iar abaterea de la planitate a suprafeței S_3 este sesizată prin variația interstițiului de aer z_3 al duzei de măsurare C_{m3}, montată în placa de bază *1* a dispozitivului de control. Rotirea piesei în vederea controlului se poate face manual sau mecanizat.

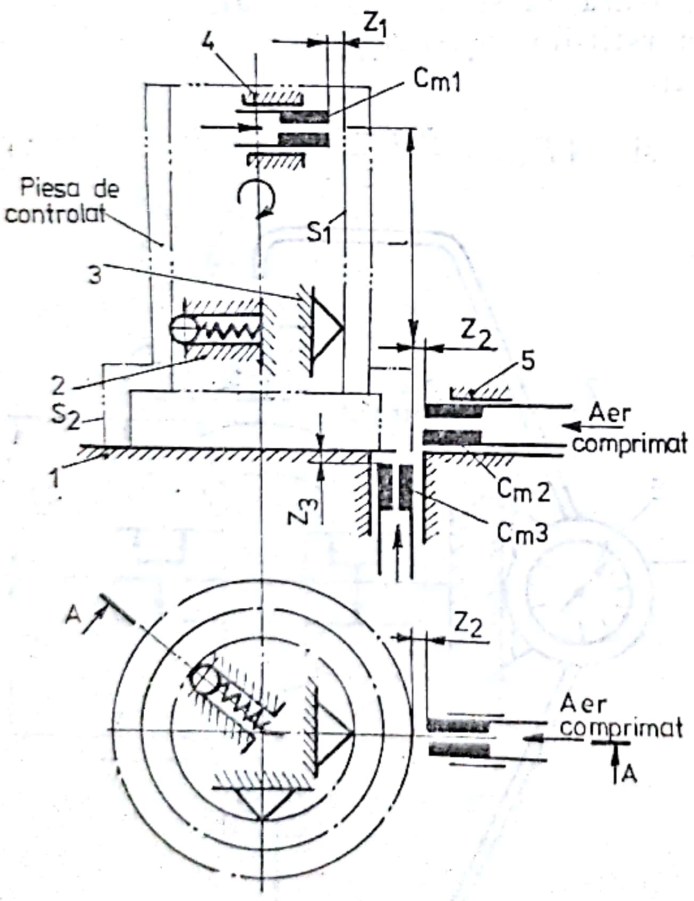


Fig. 10.22. Schema dispozitivului pentru controlul perpendicularității, bătăii radiale și planității suprafețelor.

În fig. 10.23 este prezentat un dispozitiv de control al acelorași parametri ca și în cazul precedent, cu deosebirea că abaterile de perpendicularitate ale suprafeței S_1 față de S_3 vor fi sesizate de către pîrghia *6*, care oscilează în suportul *7*. Contactul pîrghiei *6* cu su-

Scanned with OKEN Scanner

prafața S_1 a piesei de controlat este asigurat de arcul *8*. Îndepărtarea pîrghiei în vederea introducerii și scoaterii piesei de controlat, se face cu ajutorul excentricului *9* al cărui ax este montat în suportul *10*.

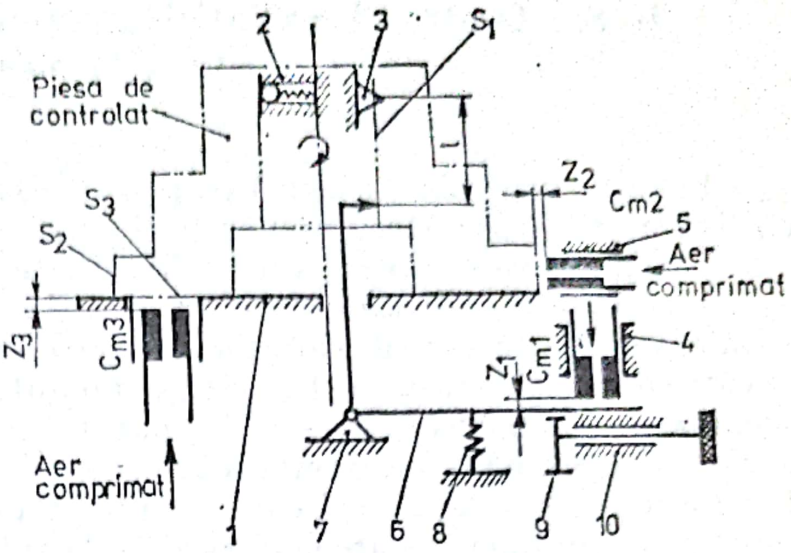


Fig. 10.23. Schema dispozitivului cu pîrghie în L pentru controlul perpendicularității, bătăii radiale și planității suprafețelor.

Variația interstițiului de aer z_1, datorită oscilației pîrghiei 6 (datorită abaterilor de perpendicularitate), este convertită în micrometri cu ajutorul duzei de măsurare C_{m1} și al traductorului pneumatic la care este legată duza de măsurare. Bătaia radială și abaterile de la planitate sînt puse în evidență prin variația interstițiilor de aer z_2, și, respectiv, z_3 ale duzelor de măsurare C_{m2} și C_{m3}, legate de asemenea la cîte un traductor pneumatic, gradat în micrometri.

Un dispozitiv de control asemănător cu cel din figura anterioară este prezentat în fig. 10.24, singura deosebire constînd în aceea că, de data aceasta, pîrghia oscilantă *6* este dreaptă și interstițiul de aer z_1 are loc între duza de măsurare C_{m1} și tija *11* acționată de arcul *8*, care asigură contactul permanent al elementelor din asamblarea considerată. În vederea introducerii șiscoaterii piesei din dispozitiv, se folosește tija *9*, montată în suportul *10*. În rest, elementele componente au aceeași semnificație ca și în cadrul fig. 10.23.

Aceste dispozitive prezintă avantajul controlării simultane a trei parametri și, totodată, dezavantajul că jocul de montaj și funcțional al pîrghiei oscilante *6* în suportul *7* influențează direct asupra erorii de măsurare a dispozitivelor respective.

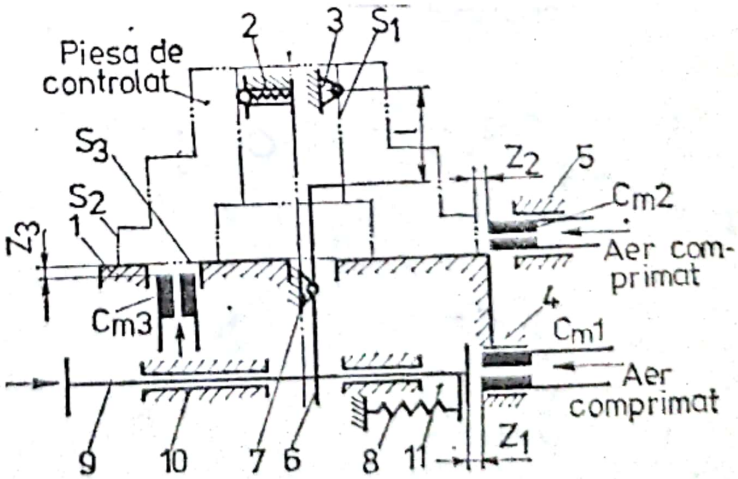


Fig. 10.24. Schema dispozitivului cu pîrghie dreaptă pentru controlul perpendicularității, planității și bătăii radiale.

Scanned with OKEN Scanner

10.8. Controlul variației grosimii pereților, planității și circularității la piesele din grupa bucșelor și inelelor

Piesa de controlat se așază pe placa de bază *1* și se aduce în contact cu limitatorii *3* de către împingătorul cu arc *4* (fig. 10.25).

Variația grosimii peretelui va fi sesizată, prin variația interstițiului de aer z_1, de către duza de măsurare C_{m1}, iar abaterile de la planitate și de la circularitate — prin variația interstițiilor de aer z_2 și, respectiv, z_3, de către duzele de măsurare C_{m2} și C_{m3}, montate fiecare la cîte un traductor pneumatic. Interstițiul z_1 este format între capul de măsurare C_{m1} și pîrghia *6*, în formă de *L*, montată la suportul *7* prin intermediul arcurilor *2* în formă de bandă, arcuri care fac posibilă eliminarea jocurilor și deci a sursei de erori menționate la dispozitivele anterioare (fig. 10.23 și 10.24). Manevrarea pîrghiei *6* în sensul comprimării arcului *5*, în vederea introducerii și scoaterii piesei de controlat din dispozitiv, se face cu ajutorul manetei *8*.

Dispozitivul de control poate fi construit fie în varianta cu limitatorii *3* în afară (fig. 10.25), fie cu acești limitatori înăuntru (fig. 10.23—10.24), în funcție de dimensiunile și configurația piesei de controlat.

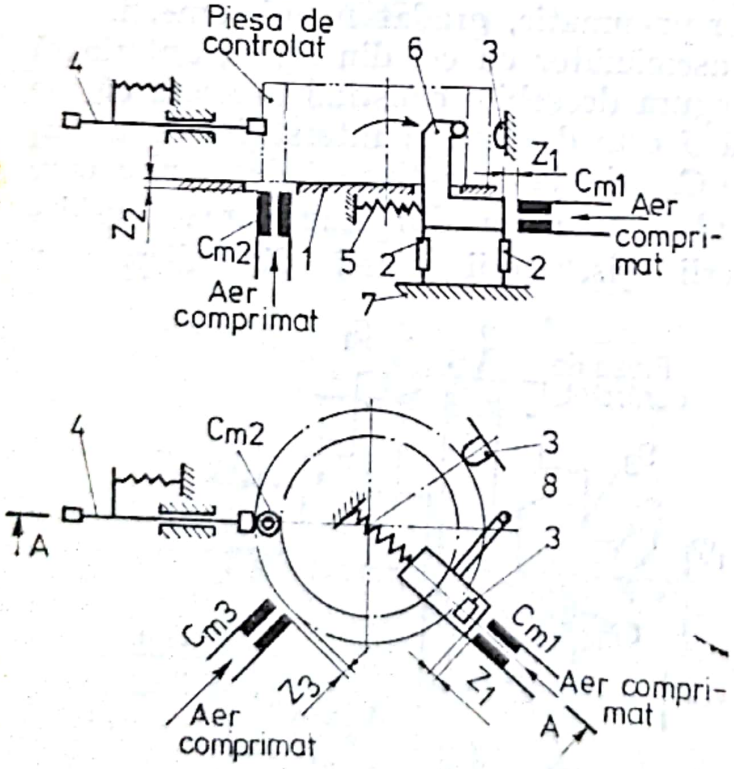


Fig. 10.25. Schema dispozitivului pentru controlul variației grosimii pereților, planității și circularității la bucșe și inele.

10.9. Controlul coaxialității alezajelor

Problema controlului coaxialității alezajelor este o problemă dificilă care necesită a fi abordată cu atenție și competență, astfel încît eroarea limită de măsurare a coaxialității să aibă valori admisibile (10—20% TP_c) [18].

Pentru controlul coaxialității alezajelor, luînd ca bază de referință axa unuia dintre alezajele de controlat, se poate folosi metoda și dispozitivele pre-

Scanned with OKEN Scanner

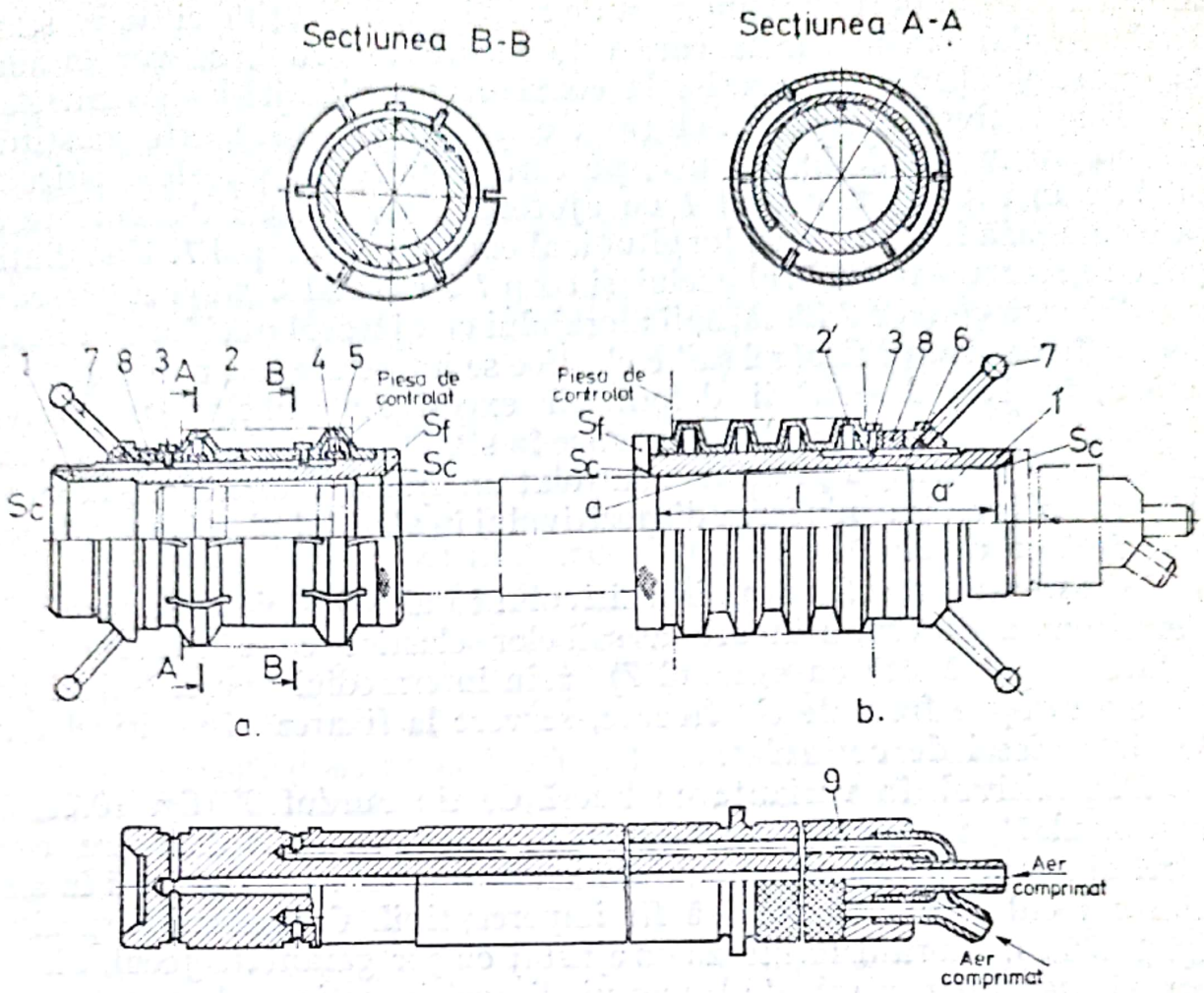


Fig. 10.26. Dispozitive pentru controlul coaxialității alezajelor cu ajutorul unui dorn pneumatic.

zentate în lucrarea [21]. Pentru eliminarea influenței defavorabile a toleranței alezajelor de controlat asupra preciziei de control a coaxialității acestora, se autocentrează separat în fiecare dintre alezajele de control cîte un dispozitiv (prevăzut cu elemente de autocentrare, bucșe sau șaibe elastice), iar pentru a controla corect și rapid coaxialitatea alezajelor, în special la piesele la care spațiul din interiorul acestora nu permite controlul cu ajutorul comparatoarelor cu cadran, se folosește fie un dorn calibrat, fie un dorn cu acționare pneumatică (fig. 10.26), ghidat fără joc în alezajul central al unuia dintre dispozitivele autocentrante, montat într-unul din alezajele piesei. Alezajele astfel materializate vor fi coaxiale numai dacă dornul calibrat trece fără a fi forțat și prin alezajul central al celorlalte dispozitive montate în alezajele în linie ale piesei de controlat, iar în cazul folosirii dornului pneumatic, alezajele se vor considera coaxiale numai dacă la rotirea și, totodată, la deplasarea

Scanned with OKEN Scanner

axială a acestui dorn, pe lungimea de referință, indicațiile citite pe scara traductorului pneumatic la care este racordat dornul, se vor încadra în limitele toleranței prescrise la coaxialitatea alezajelor de controlat.

Dispozitivul în varianta cu șaibe elastice (fig. 10.26), este constituit din corpul în formă de bucșă *1*, pe care se introduc șaibele elastice *2*, ghidate în raport cu corpul *1* cu ajutorul unor știfturi de ghidare *3*, care culisează într-un canal longitudinal executat în corpul *1*. Una dintre șaibe se reazemă pe umărul aceluiași corp *1* iar cealaltă șaibă se plasează la o distanță convenabilă lățimii alezajului cu ajutorul unei bucșe distanțiere *4*. În interiorul fiecărei șaibe elastice se introduce cîte o bucșă despicată *5*, în scopul evitării deformării excesive a șaibelor respective. Suprafața exterioară a șaibelor elastice în stare necomprimată se prevede să formeze cu alezajul piesei de controlat un ajustaj alunecător sau semiliber, astfel încît introducerea dispozitivului în alezajul piesei de controlat să se facă cu ușurință.

Autocentrarea și fixarea dispozitivului în alezajul piesei se face prin comprimarea corespunzătoare a șaibelor elastice cu ajutorul rozetei filetate *6* (prevăzută cu mînerul *7*) prin intermediul bucșei (șaibei) *8*.

Suprafețele frontale S_f, frezate, servesc la fixarea dispozitivelor în alezajele piesei de controlat.

Dispozitivul, în varianta cu bucșă de tip burduf *2'* (fig. 10.26, *b*) are corpul *1'*, prevăzut pe lungimea *l* cu alezajul *a* de diametru egal cu cel al dornului calibrat *9*, astfel încît la introducerea dornului în alezajul *a* jocul dintre acestea să fie imperceptibil. Cu celălalt dispozitiv (fig. 10.26,*a*), dornul formează un ajustaj cu joc garantat. Jocul, dintre dorn și alezajul central *a'* al acestui dispozitiv se ia egal cu toleranța prescrisă la coaxialitatea alezajelor piesei de controlat.

La controlul limitativ, piesa se consideră bună dacă dornul centrat în alezajul *a* trece fără a fi forțat și prin alezajul *a'*. În vederea măsurării erorilor de coaxialitate, dornul se racordează la un traductor pneumatic pe scara căruia, la deplasarea și rotirea dornului în alezajele *a* și *a'*, se citesc erorile respective.

În funcție de citirile corespunzătoare celor două perechi de duze se poate aprecia cauza erorilor de coaxialitate (înclinarea axei sau dezaxarea acesteia).

Metoda și dispozitivele prezentate, prezintă următoarele avantaje:

— Precizia de control a coaxialității nu este influențată defavorabil de către toleranțele alezajelor a căror coaxialitate trebuie pusă în evidență;

— Construcția dispozitivelor permite prelucrarea tuturor suprafețelor active ale acestora în funcție de aceeași bază tehnologică (suprafețele de centrare S_c), ceea ce asigură dispozitivelor precizie de prelucrare ridicată și preț de cost scăzut;

Scanned with OKEN Scanner

— Dispozitivele sînt adecvate tipizării sau standardizării;

— Elementele elastice pot fi executate în seturi interschimbabile în scopul acoperirii unei anumite game de diametre;

— Controlul, conform metodei, are caracteristic productivitate ridicată și nu necesită calificare deosebită din partea lucrătorului.

10.10. Controlul paralelismului, perpendicularității și înclinării suprafețelor plane

Controlul paralelismului suprafețelor S_1 și S_2 (fig. 10.27) constă în materializarea mai întîi a suprafeței adiacente a suprafeței S_1, prin așezarea acestei suprafețe pe placa de control *1*, precum și a suprafeței adiacente a suprafeței S_2 cu ajutorul unei cale plan-paralele *3*. Apoi, în funcție de variația interstițiului de aer z_2, sesizată de duza de măsurare C_m, fixată în suportul *2*, la deplasarea acestuia, corespunzător controlării întregii suprafețe S_2, la traductorul pneumatic la care este racordată duza C_m se citesc abaterile de paralelism ale celor două suprafețe S_1 și S_2.

În mod similar se procedează și la controlul paralelismului suprafețelor S_3 și S_4, materializarea suprafețelor adiacente ale acestora făcîndu-se cu cîte o cală plan-paralelă *3*. Suportul *2*, așezat pe suprafața S_3 prin intermediul calei *3*, pune în evidență baza de referință, conform cerințelor precizate la subcapitolul 10.2.

Erorile de paralelism ale celor două suprafețe S_3 și S_4 vor fi sesizate de duza de măsurare C_m în funcție de variația interstițiului z_4.

Procedînd în modul arătat, eroarea de măsurare a paralelismului suprafețelor nu este influențată de erorile de formă micro și macrogeometrice ale suprafețelor respective.

În fig. 10.28 este reprezentată schema de principiu a controlului automat al paralelismului suprafețelor frontale și al umărului mare de la inelul rulmentului cu bile [18]. Piesa de controlat se sprijină cu suprafața frontală pe suprafața S_1 a unei mandrine magnetice. Duzele *3* și *4* sînt montate pe arcurile *1*, care sînt apăsate pe suprafețele controlate prin reazemele ri-

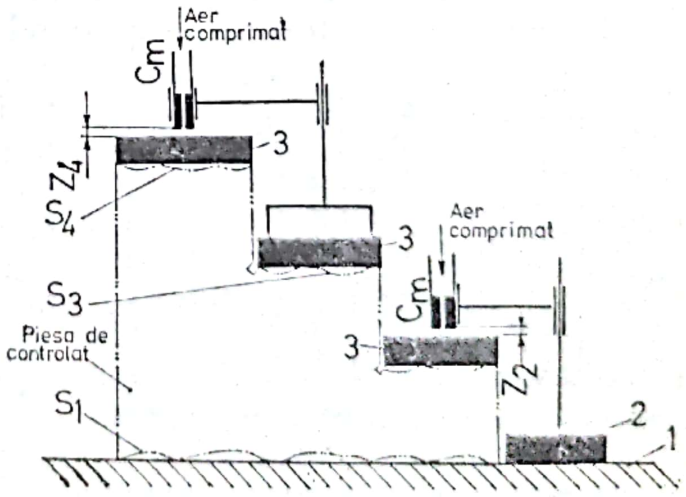


Fig. 10.27. Schema de control al paralelismului suprafețelor plane.

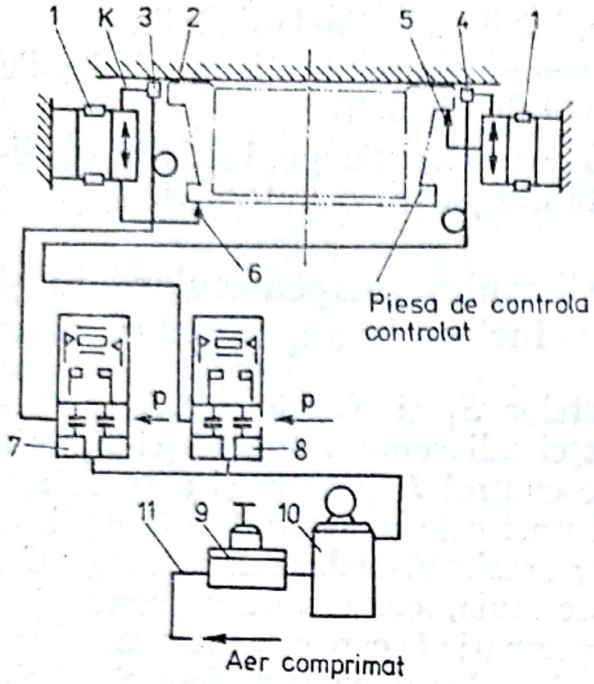


Fig. 10.28. Controlul automat al paralelismului suprafețelor frontale și umărului la inelele rulmenților cu bile.

gide *5* și *6*. Dacă suprafața S_2 a umărului și suprafața frontală S_3 a inelului sînt paralele cu suprafața S_1 a mandrinei, atunci interstițiile dintre duzele *3* și *4* și suprafața S_1 rămîn constante prin rotirea piesei. Variația interstițiilor va indica prezența abaterii de la paralelismul suprafețelor menționate. Abaterile de la paralelism se măsoară cu ajutorul traductoarelor diferențiale cu știfturile mobile *7* și *8*, care asigură controlul abaterilor de paralelism independent de înălțimea umărului și a inelului. Traductoarele lucrează cu contrapresiunea p. Stabilizatorul *9* și filtrul *10* servesc la reglarea și curățirea aerului care vine din rețeaua *11*.

Eroarea de măsurare cu această instalație este de $\pm 2{,}5 \mu m$ [18].

În fig. 10.29 este prezentată schema de principiu a controlului erorilor de perpendicularitate ale suprafețelor S_1 și S_2.

Piesa de măsurat se așază cu suprafața S_1 pe placa de control *1*, materializîndu-se suprafața adiacentă a suprafeței S_1. Pentru materializarea suprafeței adiacente S_2 se folosește cala plan-paralelă *4*.

Variația interstițiului z realizat între cala *4* și duza de măsurare C_m, în domeniul lungimii de referință l, între planurile *I* și *II*, reprezintă erorile de perpendicularitate ale suprafețelor S_1 și S_2. Duza de măsurare este montată pe prisma *3*, cu posibilități de deplasare pe dornul calibrat *2*, în sensul săgeților s și cu bascularea acestei prisme pe dornul calibrat în scopul măsurării valorii minime. Partea inferioară a dornului calibrat poate fi simplă sau prevăzută cu un magnet, ceea ce dă o siguranță mai mare controlului.

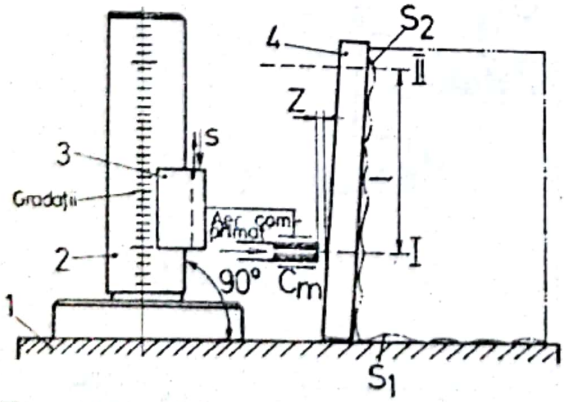


Fig. 10.29. Schema controlului erorilor de perpendicularitate ale suprafețelor plane.

Fig. 10.30 reprezintă schema de control a dispozitivului simplu pentru controlul perpendicularității axei

Scanned with OKEN Scanner

unui alezaj (suprafața S_1) pe o suprafața plană (S_2). Piesa de controlat se așază cu suprafața S_2 pe placa de control *1*, iar în alezajul piesei se introduce, fără joc, dornul de control *4*, materializîndu-se axa alezajului respectiv (suprafața adiacentă a alezajului). Variația interstițiului de la piesă la piesă față de reglarea la zero, făcută în prealabil, folosind o piesă etalon, va reprezenta erorile de perpendicularitate ale suprafețelor S_1 și S_2, în domeniul lungimii de referință l dintre planele de măsurare *I* și *II*. Duza de măsurare C_m este montată în corpul *2* al dispozitivului, ca și prisma *3*. Eroarea de măsurare va fi influențată de jocul dintre dornul de control *4* și alezajul piesei de controlat. De aceea, în locl dornului cilindric rigid se recomandă folosirea unui dorn autocentrant de tipul celor prezentate în lucrările [18, 19, 20, 23].

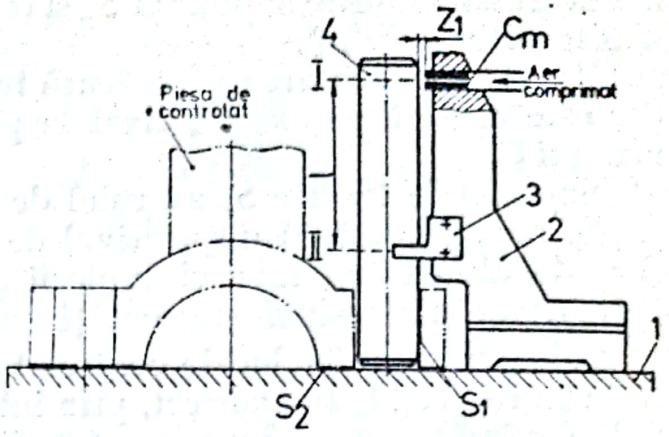


Fig. 10.30. Schema dispozitivului pentru controlul perpendicularității axei unui alezaj față de o suprafață plană.

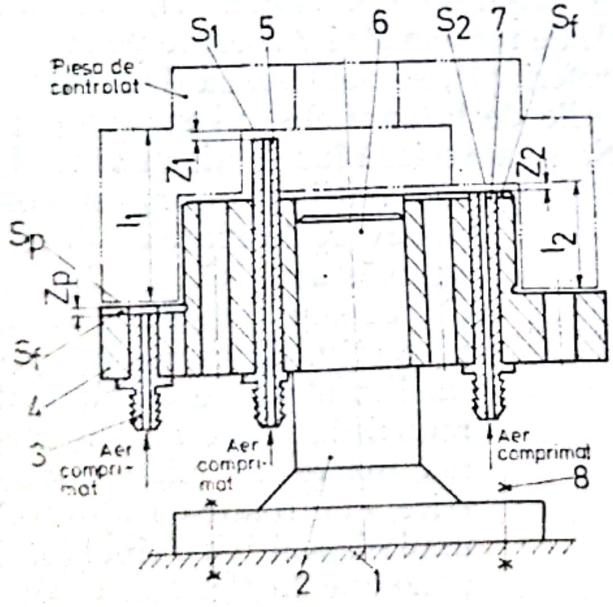


Fig. 10.31. Dispozitiv pentru controlul adîncimii alezajelor și al planității suprafețelor frontale.

10.11. Controlul adîncimii alezajelor și al planității suprafețelor frontale

În fig. 10.31 este prezentat un dispozitiv pentru controlul adîncimii alezajelor în trepte și al planității suprafeței frontale.

Eroarea cotei l_1 va fi pusă în evidență de către variația interstițiului z_1 format între suprafața S_1 și duza de măsurare *5*, iar eroarea cotei l_2 — de variația interstițiului z_2 dintre suprafața S_2 și duza de măsurare *7*. Abaterea de la planitate va fi pusă în evidență în funcție de variația

Scanned with OKEN Scanner

interstițiului z_p dintre suprafața S_p și duza de măsurare *3* la rotirea piesei în dispozitiv cu 360°.

Duzele de măsurare se montează în piesa *4* de construcție adecvată, care este presată pe axul *2*, fixat la placa de bază *1* cu ajutorul unor șuruburi *8*.

Suprafețele frezate S_f au rolul de evacuare a aerului.

Se menționează că dispozitivul de control va fi stabil în cazul pieselor de dimensiuni mici și mijlocii și portabil în cazul pieselor de controlat de dimensiuni și greutăți mari [18, 23].

Palparea suprafețelor de controlat se poate face fie firect în modul arătat în fig. 10.31, fie indirect, prin intermediul unor tije de palpare, în mod asemănător cazului prezentat în fig. 10.24.

Reglarea la zero a traductoarelor pneumatice la care sînt racordate duzele de măsurare se face folosindu-se o piesă etalon sau un etalon special, cotele l_1 și l_2 materializîndu-se cu ajutorul blocurilor de cale plan-paralele.

10.12. Controlul preciziei de formă și de poziție a ghidajelor în construcția mașinilor-unelte

Una dintre cerințele importante ale ghidajelor mașinilor-unelte este precizia de formă și de poziție, corespunzătoare rolului funcțional al acestora.

Pentru controlul paralelismului ghidajelor de lungimi mari, corpul *1* al dispozitivului (fig. 10.32), cu piesele de reazem *2* și *3* așezate pe suprafețele S_4 și S_5 (considerate bază de referință), se deplasează de-a lungul suprafeței de bază a batiului. Abaterile de la paralelismul suprafețelor S_1, S_2 și S_3, față de suprafețele S_4 și S_5, se apreciază în funcție de variația interstițiilor z_1, z_2 și respectiv z_3 formate de duzele de măsurare C_{m1}, C_{m2} și C_{m3} cu suprafețele S_1, S_2 și, respectiv, S_3. Controlul paralelismului este concludent numai dacă erorile de formă macro și microgeometrice, controlate cu ajutorul unui dispozitiv de tipul celui prezentat în fig. 10.33, sînt neglijabile. În caz contrar, erorile de măsurare vor fi mari. Pentru eliminarea

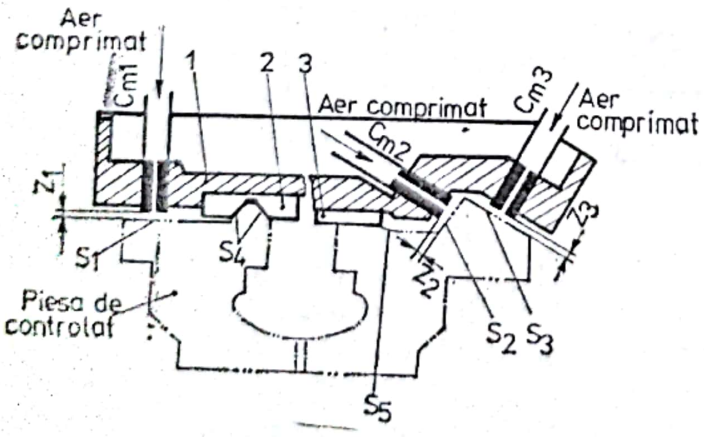


Fig. 10.32. Dispozitiv pentru controlul paralelismului ghidajelor de lungimi mari.

Scanned with OKEN Scanner

acestor erori de măsurare, palparea suprafețelor S_1, S_2 și S_3, precum și așezarea dispozitivului pe suprafețele S_4 și S_5, se va face prin intermediul unor plăcuțe etalon, în mod asemănător cazului prezentat în fig. 10.27.

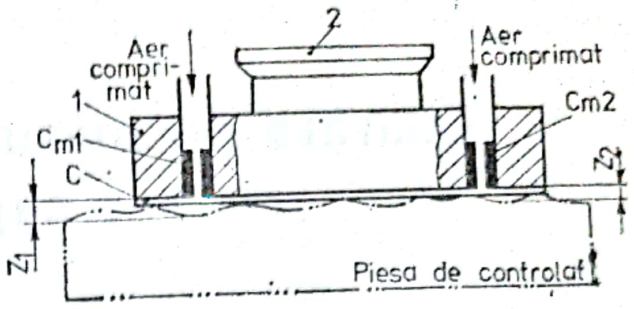


Fig. 10.33. Dispozitiv pentru controlul planității și rectilinității.

La dispozitivul din fig. 10.33, duzele de măsurare C_{m1} și C_{m2} sînt montate în corpul *1* care are mînerul *2*. Canalele *C* executate în corpul dispozitivului au rolul de evacuare a aerului. Prin așezarea dispozitivului pe suprafața de controlat se pune în evidență (materializează) suprafața adiacentă în raport cu care se măsoară erorile de la rectilinitate și de la planitate.

Furtunurile de legare a capetelor de măsurare la traductoarele pneumatice respective, atît la dispozitivul din fig. 10.32 cît și la cel din fig. 10.33, vor avea lungime corespunzătoare cursei necesare controlării ghidajelor pe toată lungimea acestora. Plăcuțele (riglele) etalon vor avea lungimea fie egală cu cea a ghidajelor, fie egală cu lungimea de referință prescrisă pentru controlul preciziei la paralelismul ghidajelor considerate.

În mod similar se pot controla și alți parametri ai preciziei de poziție a ghidajelor mașinilor-unelte.

În lucrările [18, 23] sînt indicate și alte dispozitive de control al preciziei de poziție și de formă a alezajelor, de construcție mecanică, care pot fi echipate cu traductoare pneumatice, electrice, inductive etc.

De la caz la caz, ținîndu-se seama de precizia prescrisă, de volumul de producție, de dimensiunile și de configurația pieselor se vor alege metoda și mijlocul (mijloacele) de control care satisfac mai bine cerințele de ordin tehnic, economic, organizatoric și metrologic.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 11

Aparate de măsurare pentru controlul suprafețelor sferice și al celor complexe

Una dintre problemele mai deosebite ale tehnicii măsurărilor pneumatice o constituie controlul suprafețelor sferice și al celor complexe, cu diferite profile.

De obicei, pentru controlul suprafețelor sferice, se folosesc aparate denumite sferometre, bazate pe principiul mecanic, optic sau opticomecanic.

Pentru măsurare (fig. 11.1) se utilizează două discuri de rază r_1 și r_2, prevăzute fiecare cu cîte trei bile de diametru d_b.

Raza piesei R rezultă din relația

$$D = 2R = \frac{1}{H}\sqrt{[(r_r^2 - r_1^2) - H^2]^2 + 4H^2 r_2} + d_b \qquad (11.1)$$

în care H este distanța dintre cele două discuri, în mm.

Dispozitivul de control este reglat cu ajutorul unui bloc de role la o cotă H, iar la măsurare se determină abaterile cotei de reglaj, care se compară cu abaterile prescrise.

Ca traductor al abaterilor mărimii măsurate pot fi utilizate ceasuri comparatoare, traductoare pneumatice, sau electrice etc.

Reglarea sferometrului se face utilizînd un bloc de cale plan-paralele cu valoarea H, iar la măsurare se determină abaterile dimensionale ale piesei în raport cu cota de reglaj și se compară cu abaterile prescrise.

Valoarea cotei de reglaj H se poate determina cu relația

$$H = R(\cos\ \alpha_1 - \cos\ \alpha_2) \qquad (11.2)$$

în care

R este raza piesei, în mm, și

$$\cos\ \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{R}\right)^2} \text{ și}$$

$$\cos\ \alpha_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2}{R}\right)^2} \qquad (11.3)$$

unde r_1 și r_2 sînt razele discurilor, în mm.

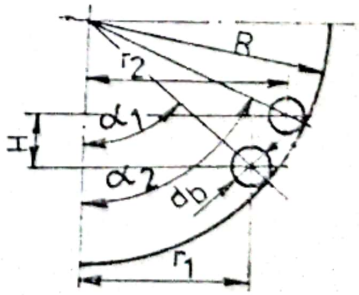


Fig. 11.1. Schema sferometrului pentru măsurarea alezajelor sferice.

Scanned with OKEN Scanner

Abaterile cotei de reglare H în funcție de elementele date se pot calcula cu relațiile:

$$A_{sH} = R_{min}(\cos \alpha_{1max} - \cos \alpha_{2max}) - R(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \quad (11.4)$$

$$A_{iH} = R_{max}(\cos \alpha_{1min} - \cos \alpha_{2min}) - R(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \quad (11.5)$$

În relațiile (11.4) și (11.5), R_{min} și R_{max} sînt valorile limită prescrise pentru raza sferei.

Ținînd seama de valorile limită, relația (11.3) devine:

$$\cos \alpha_{1max} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{R_{min}}\right)^2}; \quad \cos \alpha_{1min} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{R_{max}}\right)^2} \quad (11.6)$$

$$\cos \alpha_{2max} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2}{R_{min}}\right)^2}; \quad \cos \alpha_{2min} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2}{R_{max}}\right)^2} \quad (11.7)$$

Toleranța cotei H se poate determina cu relația

$$T_H = A_{sH} - A_{iH} \quad (11.8)$$

sau cu relația

$$T_H = R_{min}(\cos \alpha_{1max} - \cos \alpha_{2max}) - R_{max}(\cos \alpha_{1min} - \cos \alpha_{2min}) \quad (11.9)$$

Pentru controlul arborilor sferici și al calotelor exterioare străpunse se poate utiliza un dispozitiv (fig. 11.2) al cărui mod de funcționare este similar celui din fig. 11.1.

În acest caz valoarea cotei de reglaj h, egală cu cea a blocului de cale plan-paralele, se determină cu relația

$$h = r(\cos \alpha_1' - \cos \alpha_2') \quad (11.10)$$

unde: r este raza piesei de măsurare, în mm, iar

$$\cos \alpha_1' = \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{r}\right)^3} \text{ și } \cos \alpha_2' = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2}{r}\right)^2} \quad (11.11)$$

în care: r_1 și r_1 sînt razele discurilor, în mm.

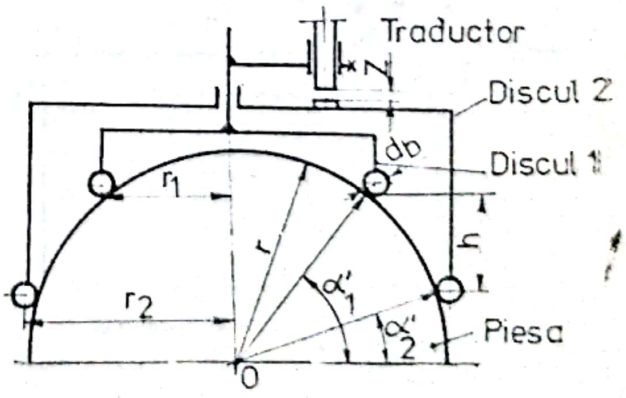


Fig. 11.2. Schema sferometrului pentru măsurarea arborilor sferici.

Abaterile cotei h, în funcție de elementele date, se calculează cu relațiile

$$a_{sh} = r_{min}(\cos \alpha'_{1max} - \cos \alpha'_{2max}) - R(\cos \alpha'_1 - \cos \alpha'_2) \quad (11.12)$$

$$a_{ih} = r_{max}(\cos \alpha'_{1min} - \cos \alpha'_{2min}) - R(\cos \alpha'_1 - \cos \alpha'_2) \quad (11.13)$$

Expresia toleranței cotei h este

$$t_h = a_{sh} - a_{ih} \quad (11.14)$$

Valorile limită ale cosinusurilor unghiurilor α'_1 și α'_2 se pot determina cu relațiile

$$\cos \alpha'_{1max} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{r_{min}}\right)^2}; \quad \cos \alpha'_{1min} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{r_{max}}\right)^2} \quad (11.15)$$

$$\cos \alpha'_{2max} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2}{r_{min}}\right)^2} \text{ și } \cos \alpha'_{2min} = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2}{r_{max}}\right)^2} \quad (11.16)$$

în care r_{min} și r_{max} sînt razele limită prescrise piesei.

Prin schimbarea discului montat pe tija palpatoare, aparatele descrise mai înainte, pot fi utilizate pentru o gamă largă de diametre.

Pentru controlul suprafețelor sferice cuprinzătoare (interioare), denumite alezaje sferice, și al suprafețelor sferice cuprinse (exterioare), denumite arbori sferici, în afară de aparatele denumite sferometre, se mai pot utiliza în mod eficient, în cazul producției de serie, și dispozitive de control echipate cu aparate comparatoare obișnuite (comparatoare cu cadran, cu valoarea diviziunii de 0,01 mm sau 0,001 mm) [24] sau echipate cu capete de măsurare prevăzute cu traductoare pneumatice, inductive, capacitive sau electropneumatice.

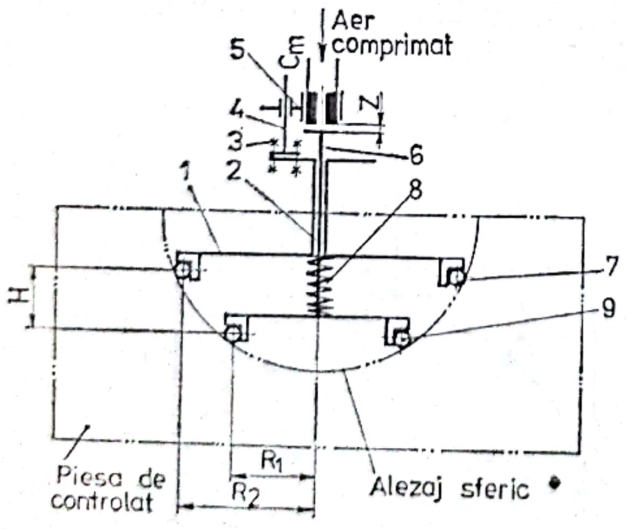


Fig. 11.3. Principiul constructiv și funcțional al sferometrului pentru controlul alezajelor.

În fig. 11.3 este prezentat un aparat pneumatic de măsurare pentru controlul alezajelor sferice. Aparatul face posibilă măsurarea indirectă, comparativă, în baza relației 11.1, a razei R. Reglarea la zero a aparatului se face cu ajutorul unei piese etalon, procedîndu-se astfel:

— se așază aparatul în alezajul sferic al etalonului prin intermediul a trei reazeme — bi-

lele *7* — fixate cu ajutorul unui adeziv pe discul *1*, solidar cu bucșa *2*;

— corespunzător poziției de contact, cu același alezaj sferic, și al bilelor de reazem *9*, fixate pe discul *10*, solidar cu axul *6*, se reglează interstițiul de aer z dintre duza de măsurare C_m și suprafața frontală a axului central *6*, astfel încît pe scara traductorului pneumatic la care este racordat duza C_m să se obțină valoarea zero.

Duza de măsurare C_m este fixat în brațul suport *5*, prevăzut cu posibilitate de reglare pe axul *4*, care este fixat de partea frontală a bucșei *2* cu ajutorul șuruburilor *3*.

Aparatul, reglat la zero în modul arătat, se așază în alezajul piesei (pieselor) de controlat.

Datorită variației razelor R_1 și R_2 va fi variabilă și distanța H (relația 11.1). Ca urmare, va fi variabilă și valoarea interstițiului de aer z, convertită pe scara traductorului în micrometri.

Cu ajutorul valorilor citite pe scara traductorului pneumatic, introduse în relația de cacul, se determină raza alezajului sferic controlat.

În funcție de valorile limită prescrise pentru raza alezajului sferic, se pot determina valori limită ale razelor R_1 și R_2 și, ca urmare, valori limită ale interstițiului de aer z. Alezajele sferice controlate vor fi acceptate numai dacă citirile de pe scara traductorului pneumatic, se vor încadra în valorile limită admisibile, calculate în funcție de valorile limită ale razelor R_1 și R_2.

Un aparat de măsurare pneumatic pentru controlul arborilor sferici. (fig. 11.4), este constituit din: corpul *1*, în formă de disc, solidar cu corpul *3* în formă de bucșă, discul *2*, solidar cu axul *5*, flanșa *4*, din aceeași bucată cu bucșa *3* sau executată separat și fixată de această bucșă; brațul suport *6*, care susține duza de măsurare C_m, arcul *7*, care asigură contactul bilelor de reazem *8* ale discului *2* cu arborele sferic și bilele de reazem *9*, fixate cu un adeziv special de discul *1*.

Reglarea la zero și măsurarea propriu-zisă se efectuează în același mod descris la dispozitivul de control al alezajelor sferice.

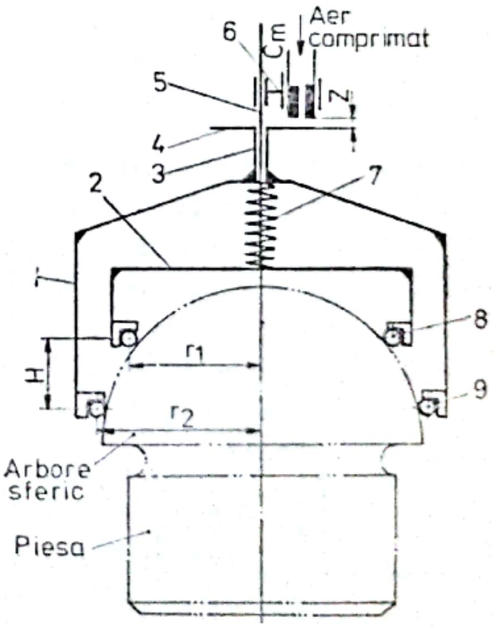


Fig. 11.4. Principiul constructiv și funcțional al sferometrului pneumatic pentru controlul arborilor.

Scanned with OKEN Scanner

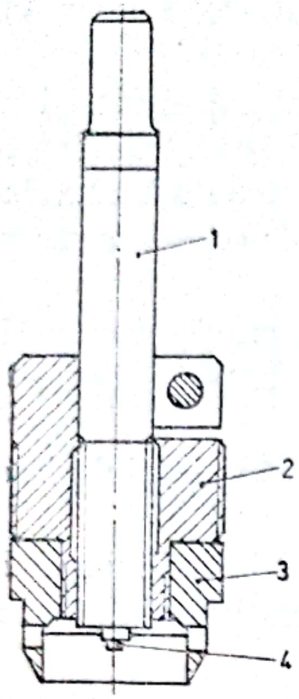


Fig. 11.5. Principiul constructiv al sferometrului pneumatic.

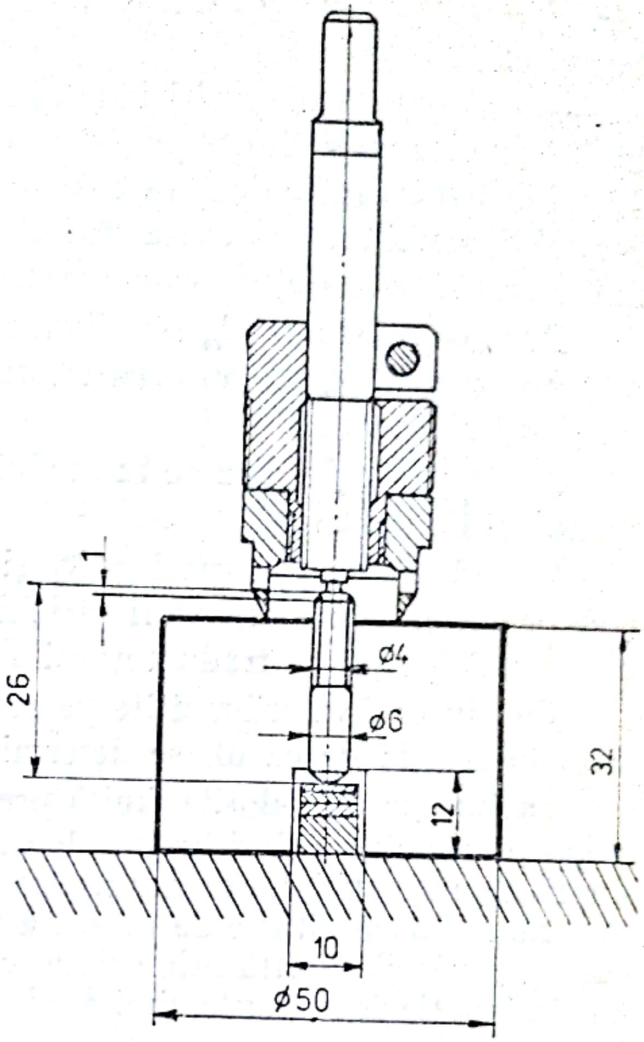


Fig. 11.6. Schema de etalonare a sferometrului.

Un alt aparat pneumatic de măsurare bazat pe principiul sferometrului (fig. 11.5) are o tijă palpatoare *1*, cu vîrful palpator *4*, și o suprafață de așezare *3*, prevăzută la partea superioară cu piulița *2*.

Pentru etalonarea aparatului se pot utiliza etaloane de rază sau blocuri de cale plan-paralele, așa cum este redat în fig. 11.6.

Acest dispozitiv de control poate fi utilizat și în cursul procesului de fabricație, după operațiile de finisare a suprafețelor sferice, fapt ce-i asigură un grad de universalitate ridicat.

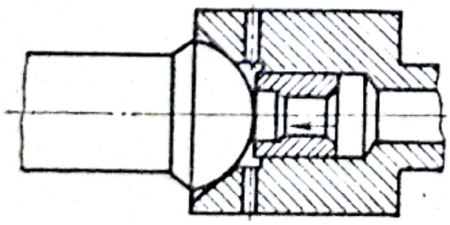


Fig. 11.7. Aparat pneumatic de măsurare pentru măsurarea capului sferic al unui arbore pivot.

Pentru controlul suprafețelor sferice ale capetelor arborilor pivotanți, în fig. 11.7 este redată schema de măsurare cu ajutorul unui aparat de pneumatic de măsurare specializat.

În domeniul de aplicabilitate al tehnicii măsurărilor pneumatice intră și acela

Scanned with OKEN Scanner

al controlului suprafețelor sferice ale lentilelor, mai exact al determinării razei sferei (fig. 11.8). Lentila *1*, care se controlează, se așază pe piulița schimbabilă *2* (în funcție de raza sferei), fixată pe corpul *3* al dispozitivului de control și este blocată cu ajutorul contrapiuliței *4*.

Interstițiul *z* dintre duza *5* și suprafața controlată a lentilei, variază în funcție de raza sferei, fapt ce asigură o deviație corespunzătoare a acului indicator de pe scara gradată a aparatului pneumatic. Scara gradată poate fi etalonată direct în unități de lungime corespunzătoare diverselor raze de curbură a sferelor.

Dispozitivul pneumatic pentru controlul suprafețelor sferice (firma Bendix—RFG) măsoară piesa cu ajutorul duzelor pneumatice de măsurare. Și în acest caz este necesară etalonarea scalei aparatului indicator în așa fel încît să se poată citi direct mărimea razei de curbură a sferei de măsurat.

Măsurarea suprafețelor profilate complexe comportă, ca și în cazul măsurării suprafețelor sferice, anumite dificultăți, ceea ce conduce la o mai redusă aplicabilitate a metodei pneumatice pentru acest domeniu.

Pentru controlul suprafețelor profilate există unele construcții de instalații pneumatice realizate de firmele (Massi-RDG, TBL-Bendix-RFG etc.). Astfel, dispozitivul realizat de firma Bendix-RFG (fig. 11.9) asigură cercetarea unui profil aerodinamic *1* cu diferite traductoare pneumatice *2*, așezate în diferite puncte ale suprafeței.

Datorită dezavantajelor legate de dificila reglare a traductoarelor pneumatice și de etalonarea dispozitivelor, această metodă de măsurare a suprafețelor profilate și complexe nu-și găsește în acest caz un cîmp de aplicare prea larg, fapt ce a condus la înlocuirea acestei metode, cu cea electronică (firmele TESA-Elveția, CEJ-Suedia etc.), care este mult mai indicată și mai rapidă în practica uzinală și de laborator.

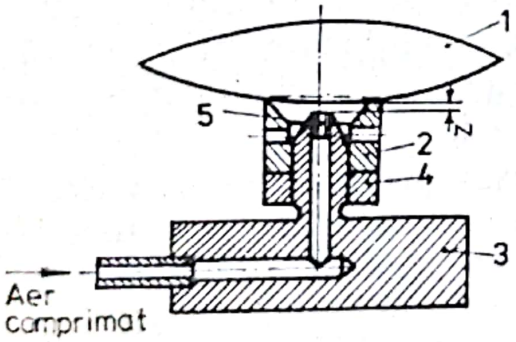


Fig. 11.8. Aparat pneumatic de măsurare pentru controlul suprafețelor sferice ale lentilelor.

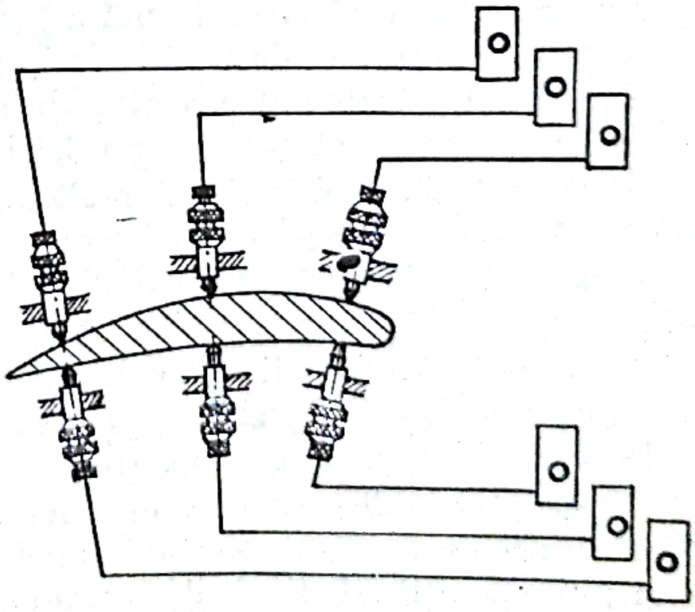


Fig. 11.9. Aparat de măsurare pneumatic pentru controlul profilelor aerodinamice.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 12

Aparate de măsurare pentru controlul simultan al mai multor parametri ai pieselor

Extinderea gamei de produse, a tehnologiilor de fabricație, marea diversitate a mașinilor-unelte folosite subliniază necesitatea ca echiparea tehnică a fabricației și, în speță, a tehnologiei de control și a aparatelor de măsurare să se realizeze la un nivel tehnic ridicat, în condiții de eficiență maximă și cu un grad mare de adaptabilitate la modificările care pot avea loc.

Ca urmare, controlul simultan al mai multor parametri ai pieselor cu aparate pneumatice de măsurare ridică în general aceleași probleme ca și controlul cu aparate mecanice sau electronice de măsurare.

Aceste probleme sînt determinate, în principal, de productivitatea muncii la operațiile de control sau de condițiile impuse pieselor cu cote și toleranțe condiționate reciproc.

Practica a dovedit, mai ales pentru cea de a doua situație (cazul reprezentativ fiind măsurarea unui arbore în trepte, ale cărui diametre au abateri de formă și de poziție reciprocă, condiționate între ele), că măsurările individuale sau succesive ale acestor parametri nu dau o imagine suficient de exactă asupra preciziei piesei.

Controlul simultan al mai multor parametri ai pieselor, cu aparate pneumatice de măsurare, și-a găsit rezolvarea de la caz la caz în funcție de variantele adoptate de către firmele producătoare de aparate de măsurare.

Ca urmare a reducerii timpului aferent pregătirii fabricației a apărut necesitatea utilizării tipizării în elaborarea proceselor tehnologice, în proiectarea și executarea dispozitivelor de lucru sau de control.

Dispozitivele de control din elemente tipizate cu mai multe posturi de măsurare au un grad mare de universalitate, fiind destinate controlului interoperațional, final, de sortare sau statistic.

Scanned with OKEN Scanner

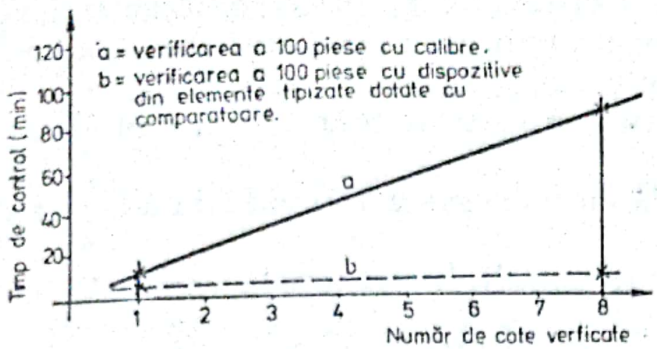


Fig. 12.1. Diagrama dependenței timpului de control în funcție de numărul de cote verificate.

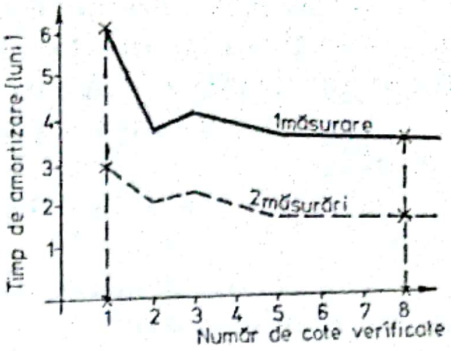


Fig. 12.2. Diagrama dependenței timpului de amortizare în funcție de numărul de cote verificate.

Elaborarea seriilor de elemente normalizate permit montarea unei game largi de dispozitive de control după principiul modular „Baukasten" și se pot livra sub forma:

— truse complete, din care beneficiarul își poate construi o gamă variată de dispozitive, făcînd eventual unele adaptări speciale în funcție de piesa de verificat;

— dispozitive complete, construite de către firma producătoare pe baza desenului și, eventual pe baza unei piese model anexate comenzii de către beneficiar.

În cazul producției de unicate, de prototipuri și de serie mică, elementele tipizate sînt eficiente economic și dau posibilitatea echipării rapide și cu cheltuieli minime, ținînd seama de faptul că odată introdus sistemul în uzină, recuperarea costului acestor elemente nu se face pe un produs, ci pe toate produsele la care au fost utilizate.

Există, de asemenea, și o interdependență între timpul de control și numărul de cote verificate (fig. 12.1).

Dependența timpului de amortizare în funcție de numărul de cote verificate, pentru o măsurare și pentru două măsurări este dată în fig. 12.2, din care rezultă o reducere substanțială a timpului de amortizare odată cu mărirea numărului de cote verificate.

Dintre avantajele evidente ale utilizării dispozitivelor demontabile, formate din elemente tipizate, pot fi amintite următoarele:

— îmbunătățirea calitativă a construcțiilor de dispozitive de control;

— verificarea simultană a mai multor cote și posibilitatea de a cumula rezultatele măsurărilor;

— reducerea considerabilă a timpului de proiectare și de execuție;

— reducerea costurilor dispozitivelor, prin execuția în serie și centralizată a elementelor componente;

— descărcarea atelierelor de sculărie uzinale de un volum de muncă ce poate fi folosit la realizarea altor SDV-uri complexe;

Scanned with OKEN Scanner

— posibilitatea de reutilizare a elementelor tip în combinații noi;
— utilizarea diverselor sisteme de indicare: comparatoare, traductoare pneumatice sau electronice etc.

Făcînd o analiză a rentabilității pentru următoarele trei metode de control:

a — prin metoda convențională cu măsurarea individuală a fiecărei cote;

b — cu dispozitive de măsurare multidimensională echipate cu aparate indicatoare;

c — cu dispozitive de măsurare multidimensională echipate cu traductoare cu contacte, rezultă tabelul de comparație:

Metoda de control	a	b	c
Coeficient de preț	1	3,3	4,3
Timpul de măsurare	53	16	10
Economia de timp	—	37	43
Coeficientul de remunerare a personalului de control	1	0,75	0,75
Perioada de amortizare, în luni	—	1,6	1,4

Din tabelul de mai sus reiese un coeficient de cheltuieli al operațiilor de control, care se poate exprima prin produsul dintre timpul de măsurare și coeficientul de remunerare, al personalului de control.

Valoarea acestui coeficient, pentru cele trei metode de control luate în discuție este:

Metoda a ..... $53 \times 1 = 53$

Metoda b ..... $16 \times 0,75 = 12$

Metoda c ..... $10 \times 0,75 = 7,5$

Se vede că raportul coeficienților costurilor (1; 3,3; 4,3) și al coeficienților de cheltuieli pe operații (53; 12; 7,5) este cu totul favorabil utilizării dispozitivelor de control multidimensional din elemente tipizate.

Alegerea optimă a aparatelor de măsurare care să echipeze dispozitivele de control multidimensional se face ținînd seama de următorii factori:

— mărimea cîmpului de toleranță a cotei de măsurat;

Scanned with OKEN Scanner

— distanța minimă între două secțiuni de măsurat alăturate;
— volumul de producție;
— necesitatea sortării pieselor în clase, după dimensiuni etc.

În fig. 12.3 sînt reprezentate domeniile de aplicare ale aparatelor de măsurare recomandate, în funcție de cîmpul de toleranță al cotei de măsurat.

Indiferent de soluțiile adoptate trebuie avute în vedere erorile de măsurare care pot apărea la controlul simultan al mai multor parametri ai pieselor, prin metoda pneumatică.

Astfel, pot apărea erori de montaj a potcoavei pneumatice sau a celor doi palpatori (metoda prin contact), care materializează potcoava; eroarea de poziționare a dispozitivului în plan transversal sau longitudinal, corelată cu mărimea cotei de măsurat etc. [3].

În cazul *măsurărilor interioare*, punctul de contact al vîrfului palpatorului de măsurare se poate deplasa în plan diametral și în plan axial (fig. 12.4).

Ca urmare, eroarea de măsurare a diametrului $\triangle R$ rezultă din relația:

$$\triangle R = \overline{AO} - \overline{BO} = \frac{\triangle a^2 + \triangle R^2}{2R} = \frac{a^2}{2R} + \frac{\triangle R^2}{2R}. \qquad (12.1)$$

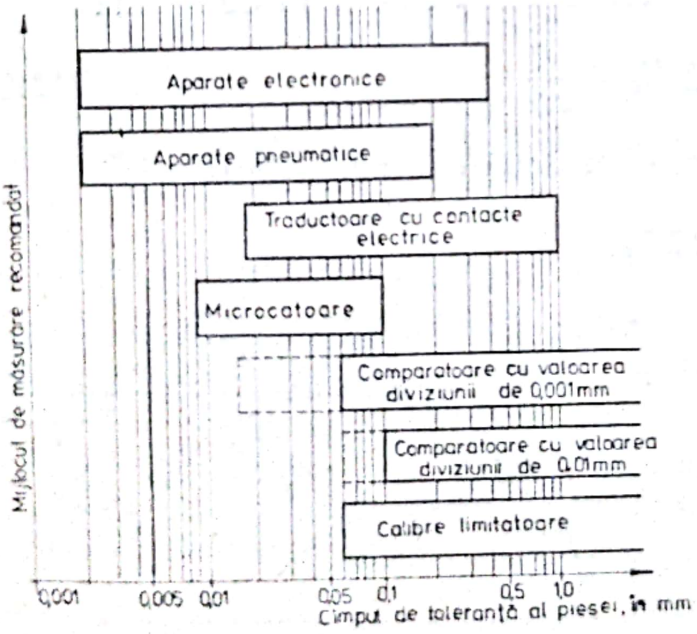


Fig. 12.3. Domeniile de aplicare ale aparatelor de măsurare, în funcție de cîmpul de toleranță al cotei măsurate.

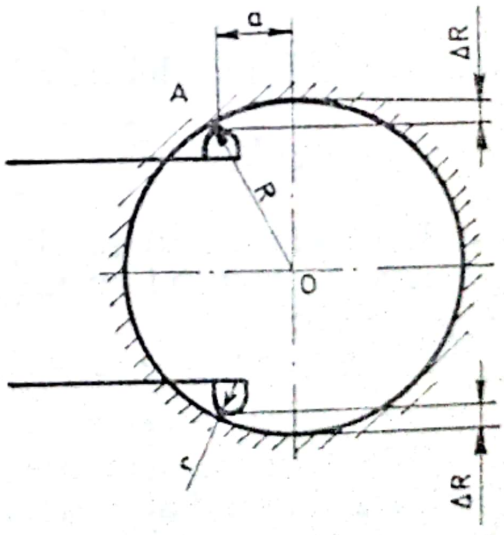


Fig. 12.4. Deplasarea în plan diametral a vîrfului palpatorului.

Scanned with OKEN Scanner

Mărimea $\Delta R^2/2R$, care are valori foarte mici, poate fi neglijată, rezultînd

$$\Delta R = \frac{a^2}{2R}. \tag{12.2}$$

Relația (12.2) este valabilă și în cazul măsurărilor cu două contacte, [3], cînd se obține

$$\Delta D = \frac{a^2}{2R} \tag{12.3}$$

unde a este valoarea deplasării punctului de contact iar R — raza piesei de măsurat.

Ținînd seama că palpatoarele au suprafața de contact sferică, deplasarea punctului de contact a_k (fig. 12.5) este dată de relația

$$a_k = a\,\frac{r}{R} \tag{12.4}$$

în care r este raza palpatorului de măsurare.

Prin urmare, valoarea deplasării centrului palpatorului de măsurare în plan diametral este

$$a_0 = a - a_k \tag{12.5}$$

iar eroarea de măsurare ținînd seama de forma și dimensiunea palpatorului în cazul măsurării cu un singur contact este dată de relația

$$\Delta R_0 = \frac{a_0^2}{2R} \tag{12.6}$$

sau, în cazul metodei de măsurare cu două contacte, de relația

$$\Delta D_0 = \frac{a_0^2}{R}. \tag{12.7}$$

Dacă palpatorul se deplasează datorită contactului cu unghiul α, se poate scrie

$$\Delta R_\alpha = R - R' = R - R\cos\alpha = R(1 - \cos\alpha) \tag{12.8}$$

Prin dezvoltarea în serie a funcției $\cos\alpha$ și prin limitarea la primii doi termeni ai seriei rezultă

$$\cos\alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2}. \tag{12.9}$$

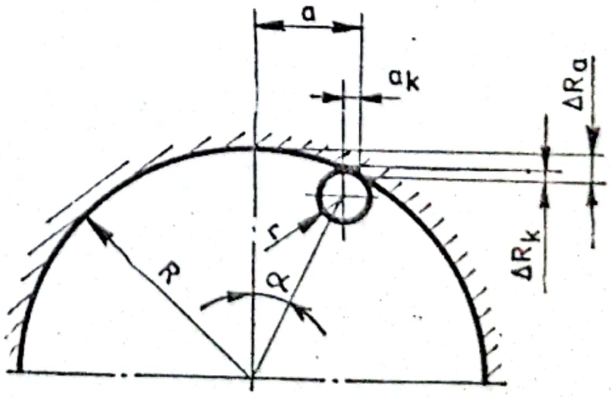


Fig. 12.5. Deplasarea în plan diametral a punctului de contact al suprafeței palpatorului cu piesa de măsurat.

Scanned with OKEN Scanner

Înlocuind relația (12.9) în relația (12.8) se obține

$$\Delta R_\alpha = R\frac{\alpha^2}{2} \qquad (12.10)$$

sau, în cazul metodei de măsurare cu două contacte,

$$\Delta D_\alpha = R\alpha^2 \qquad (12.11)$$

Dacă se ține seama de dimensiunea palpatoarelor de măsurare, eroarea de măsurare, pentru metoda cu un contact, ΔR_k devine

$$\Delta R_k = r \cdot \alpha^2 \qquad (12.12)$$

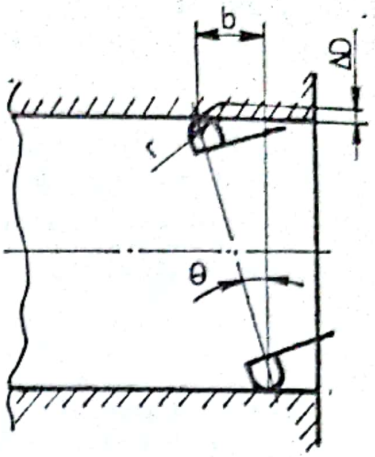


Fig. 12.6. Deplasarea în plan axial a punctelor de contact ale palpatoarelor.

sau, pentru metoda cu două contacte,

$$\Delta D_k = 2r\,\alpha^2 = d \cdot \alpha^2 \qquad (12.13)$$

Eroarea de măsurare ΔD_0, la măsurarea prin două contacte, ținînd seama de relațiile (12.13) și (12.11) este:

$$\Delta D_0 = D_\alpha - \Delta D_k = (R - d)\alpha^2 \qquad (12.14)$$

Relația (12.14) exprimă valoarea erorii de deplasare a punctului de contact în funcție de deplasarea punctului de contact și de dimensiunea palpatorului.

Deoarece punctele de contact ale palpatoarelor se deplasează și în plan axial, influența acestei deplasări asupra erorii de măsurare (fig.12.6) este dată de relația

$$\Delta D = \frac{D}{\cos\theta} - D = D\,(\sec\theta - 1) \qquad (12.15)$$

Prin dezvoltarea în serie trigonometrică a funcției sec θ și prin limitarea la primii doi termeni, rezultă:

$$\Delta D = D\frac{\theta^2}{2} = R\theta^2. \qquad (12.16)$$

Pe de altă parte, eroarea de măsurare, în funcție de dimensiunea palpatorului sferic de rază r, va fi

$$\Delta D_k = r \cdot \theta^2 \qquad (12.17)$$

la măsurarea cu un singur palpator și

$$\Delta D_k = d \cdot \theta^2 \qquad (12.18)$$

în cazul măsurării cu două palpatoare.

Scanned with OKEN Scanner

Eroarea de măsurare $\triangle D_0$ datorită înclinării palpatoarelor, în cazul măsurării cu două palpatoare, va fi

$$\triangle D_0 = D - \triangle D_k = R - d)0^2 \qquad (12.19)$$

Dacă se ține seama că în expresia unghiului de înclinare intervine valoarea deplasării b a direcției palpatoarelor, atunci eroarea de măsurare, la metoda cu două contacte, fără a lua în seamă influența dimensiunii palpatoarelor, se determină cu relația

$$\triangle D_b = \frac{b^2}{2D} = \frac{b^2}{4R}. \qquad (12.20)$$

În cazul în care în relațiile (12.3) și (12.20) diametrele sînt egale și deplasările palpatoarelor sînt la rîndul lor egale, rezultă că, din cauza înclinării, eroarea de măsurare este de patru ori mai mică decît eroarea de măsurare datorită deplasării.

Problema determinării erorilor măsurării *diametrelor exterioare* (fig. 12.7) se pune la fel ca și la diametrele interioare.

Eroarea de măsurare $\triangle D$, ca urmare a deplasării punctului de contact, este

$$\triangle D = \frac{a^2}{R} \qquad (12.21)$$

în care

$$a = a_0 + a_k \text{ și } a_k = a_0 \frac{r}{R}. \qquad (12.22)$$

Eroarea de măsurare datorită deplasării, exprimată prin unghiul α, va fi:

$$\triangle D_\alpha = (R + d)\alpha^2 \qquad (12.23)$$

Eroarea de măsurare din cauza înclinării (fig. 12.8) este

$$\triangle D = (R + d)\ 0^2 \qquad (12.24)$$

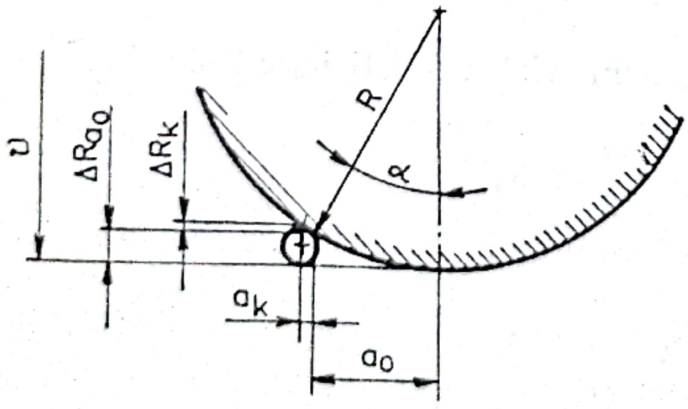


Fig. 12.7. Deplasarea în plan diametral a vîrfului palpatorului.

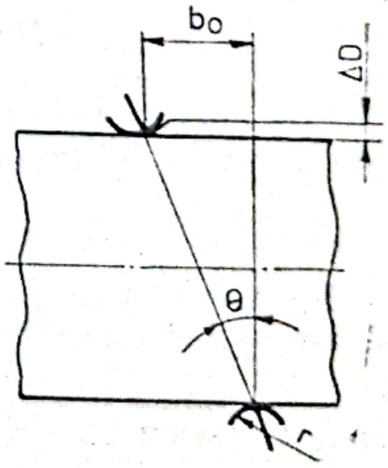


Fig. 12.8. Deplasarea în plan axial a palpatorului.

Scanned with OKEN Scanner

iar eroarea de măsurare datorită unghiului de înclinare, exprimată prin deplasarea b_0, va fi

$$\Delta D_b = \frac{b^2}{2D} \tag{12.25}$$

în care $b = b_0 + 2b_k$ și $b_k = b_0 \frac{r}{D}$.

Ca și pentru dimensiunile interioare, la măsurarea diametrelor exterioare, pentru diametre egale și deplasări egale, eroarea de măsurare datorită deplasării punctului de contact în plan perpendicular pe axa piesei este de patru ori mai mare decît eroarea de măsurare datorită înclinării.

Din cele arătate mai înainte rezultă că pentru asigurarea unor măsurări corespunzătoare este necesară realizarea unor dispozitive de control care să poată evita, prin construcția lor, apariția erorilor de măsurare descrise anterior.

Literatura de specialitate cît și practica n-au reușit pînă în prezent că indice soluții clare, optime, pentru fiecare caz ce apare la măsurarea și controlul simultan al mai multor parametri ai pieselor.

Ținînd seama de gradul ridicat de adaptabilitate al dispozitivelor tipizate demontabile, au fost elaborate diverse construcții de elemente tipizate.

Astfel, în fig. 12.9 este reprezentată construcția unui dispozitiv de control din elemente tipizate (realizat de firma AVIATEST-RFG) pentru controlul între vîrfuri al arborilor în trepte.

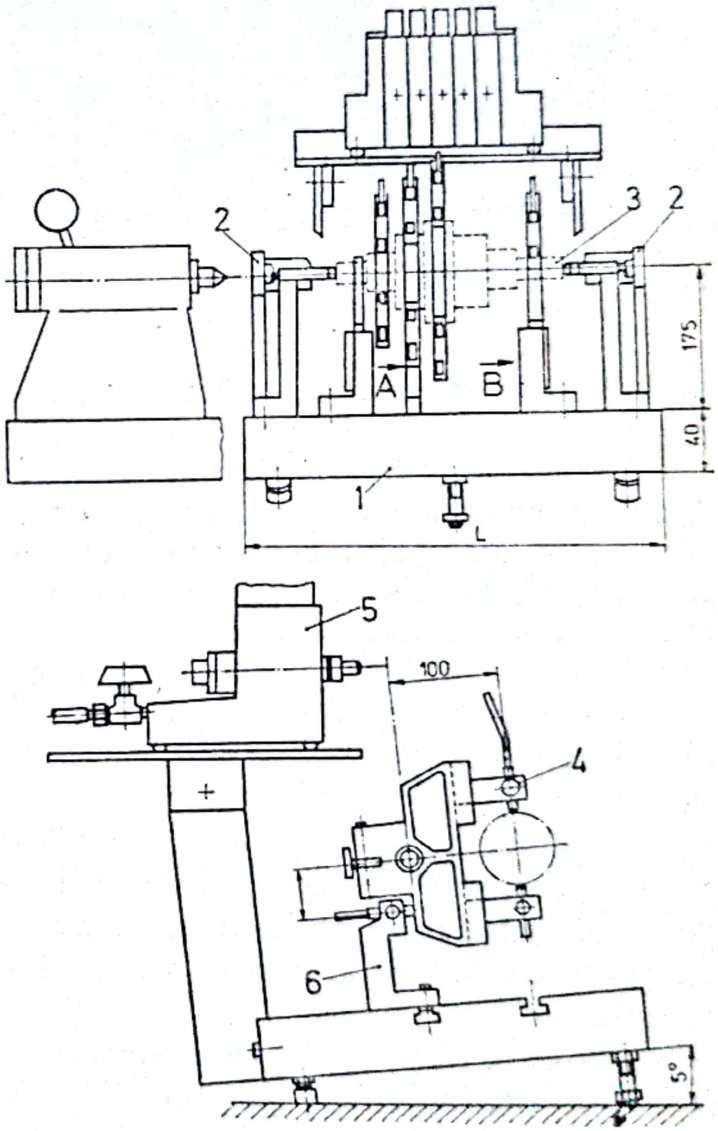


Fig. 12.9. Dispozitiv de control din elemente tipizate al dimensiunilor arborilor în trepte:
1 — placă de bază; *2* — prismă; *3* — piesa de măsurat; *4* — traductor; *5* — aparat indicator multicoloană.

Scanned with OKEN Scanner

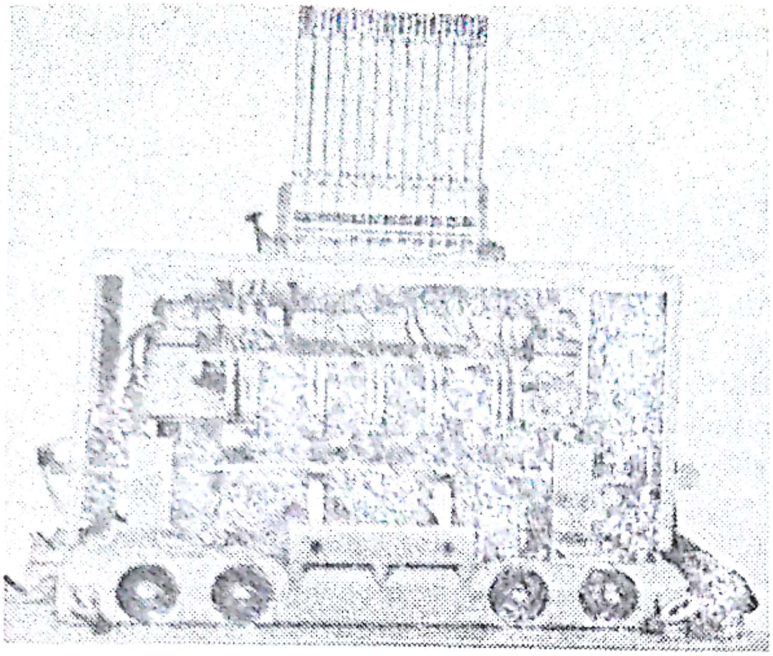


Fig. 12.10. Dispozitiv de control pneumatic pentru controlul dimensional al arborilor în trepte.

Dispozitivul este alcătuit din placa de bază *1* pe care se află montate plăcile de capăt prevăzute cu vîrfuri de prindere *2*, între care se așază și se fixează arborele *3* în trepte. În funcție de numărul secțiunilor de măsurare, dispozitivul este prevăzut cu suporții *6* pe care se află potcoavele pneumatice *4* puse în legătură cu aparatul indicator cu coloană. *5*

Pentru diferite cazuri de măsurare sînt prevăzute diferite accesorii ale dispozitivului: pinole cu vîrfuri fixe și mobile, plăci de bază, prisme de așezare, distanțiere etc.

La măsurarea arborilor în trepte, firma Thorn Bendix Limited-Anglia recomandă dispozitivul pneumatic cu multicoloană (fig. 12.10) care oferă avantajul controlului efectuat automat sau al posibilității funcționării ca dispozitiv de sortare cu indicarea vizuală a indicațiilor și semnalizarea acestora.

În cazul controlului multidimensional al dimensiunilor unei supape, poate fi utilizat un dispozitiv alcătuit din elemente tipizate (fig. 12.11) (firma EREM-Elveția), care are robustețe și un grad ridicat de universalitate.

Rezolvarea unei probleme de măsurare multidimensională a unei piese de tip rotor se poate face prin utilizarea schemei redată în fig. 12.12. Acest dispozitiv are posibilitatea măsurării atît a preciziei dimensionale cît și a celei de formă, fapt ce oferă o imagine generală a preciziei piesei măsurate.

Deoarece fiecare duză de măsurare este pusă în legătură cu un aparat indicator fiecare dintre parametrii preciziei piesei poate fi diferențiat corespunzător scopului propus.

Pentru controlul pneumatic multidimensional al unei piese de tipul pistoanelor se recomandă dispozitivul ilustrat în fig. 12.13.

Scanned with OKEN Scanner

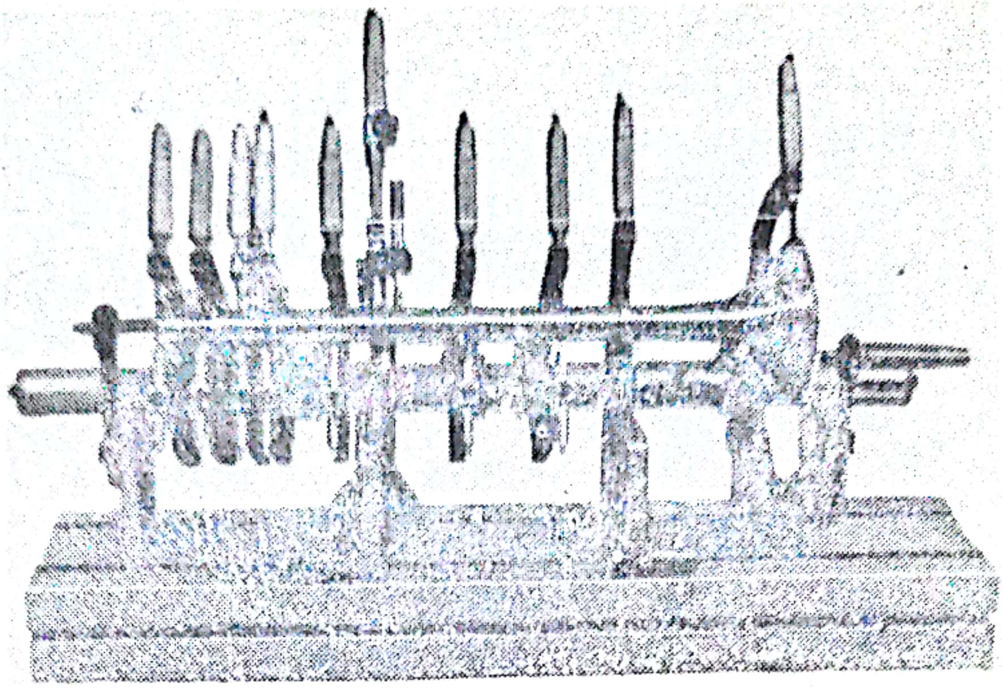


Fig. 12.11. Dispozitiv de control pneumatic pentru controlul multidimensional al suprafețelor.

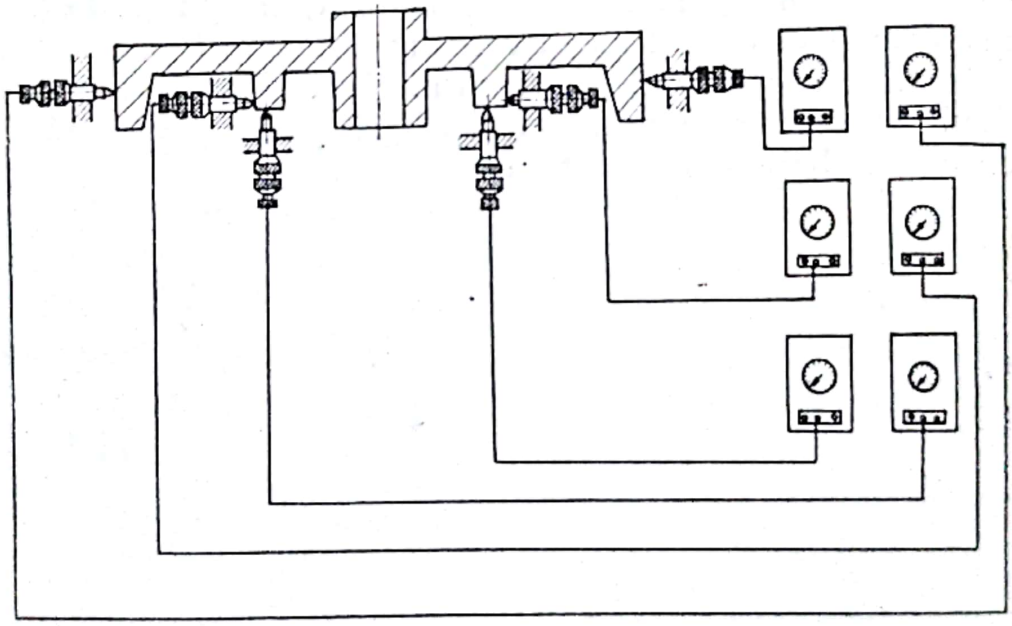


Fig. 12.12. Controlul multidimensional al pieselor de tipul rotoarelor.

Aerul comprimat de la rețea trece prin reductorul *1*, regulatorul de presiune *2*, rezervorul *3*, ventilul *4*, conducta *5*, și este controlat la manometrul *6*, cu ventilul *4* se reglează raportul de amplificare și domeniul de măsurare al duzelor *7*, așezate în diferite secțiuni de măsurat. Pentru controlarea diametrului interior, dispozitivul este prevăzut cu dornul *9*, care are la partea superioară o duză *8*.

Scanned with OKEN Scanner

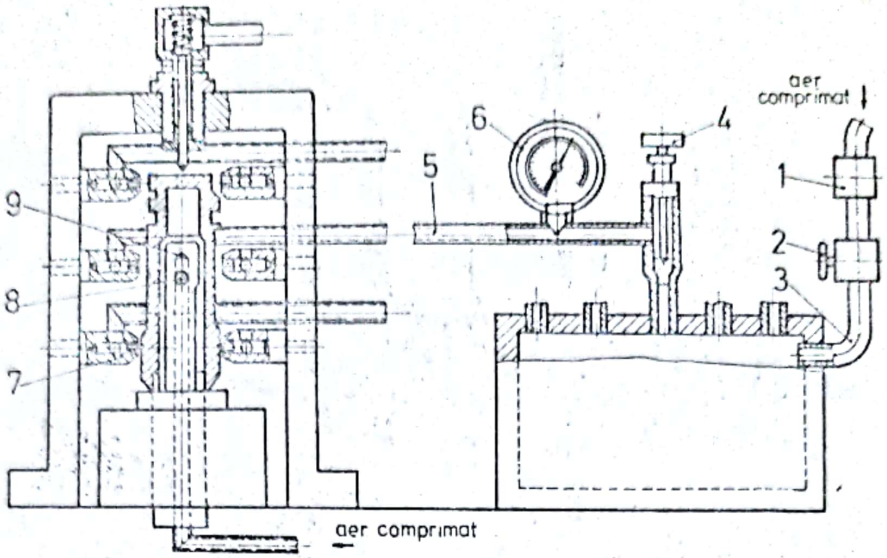


Fig. 12.13. Dispozitiv pneumatic specializat pentru controlul pistoanelor.

Valoarea abaterilor dimensionale și de formă se citește la fiecare dintre manometrele 7, corespunzătoare secțiunilor de măsurat.

Dispozitivul din fig. 12.13 fiind specializat, are un grad de utilitate mai redus, comparativ cu dispozitivele din elemente tipizate, fig. 12.14.

La controlul complex al pieselor din clasa bielelor se poate utiliza dispozitivul pneumatic ilustrat în fig.12.15, care utilizează aparate pneumatice multicoloană (firma BENDIX-RFG).

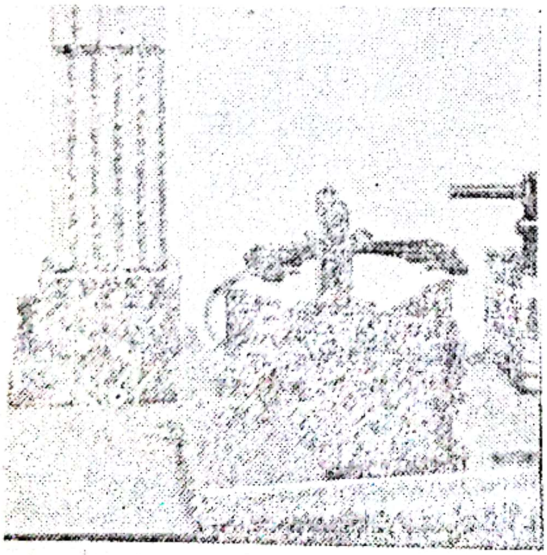


Fig. 12.14. Dispozitiv pneumatic din elemente tipizate pentru controlul pistoanelor.

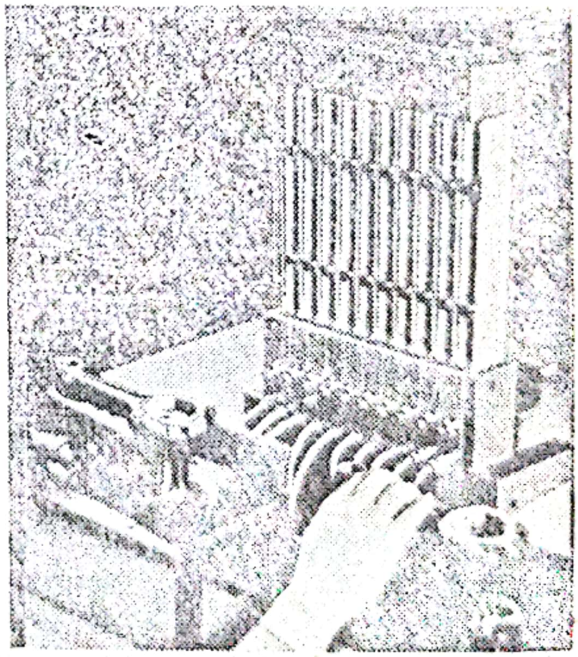


Fig. 12.15. Dispozitiv pneumatic pentru controlul bielelor.

Scanned with OKEN Scanner

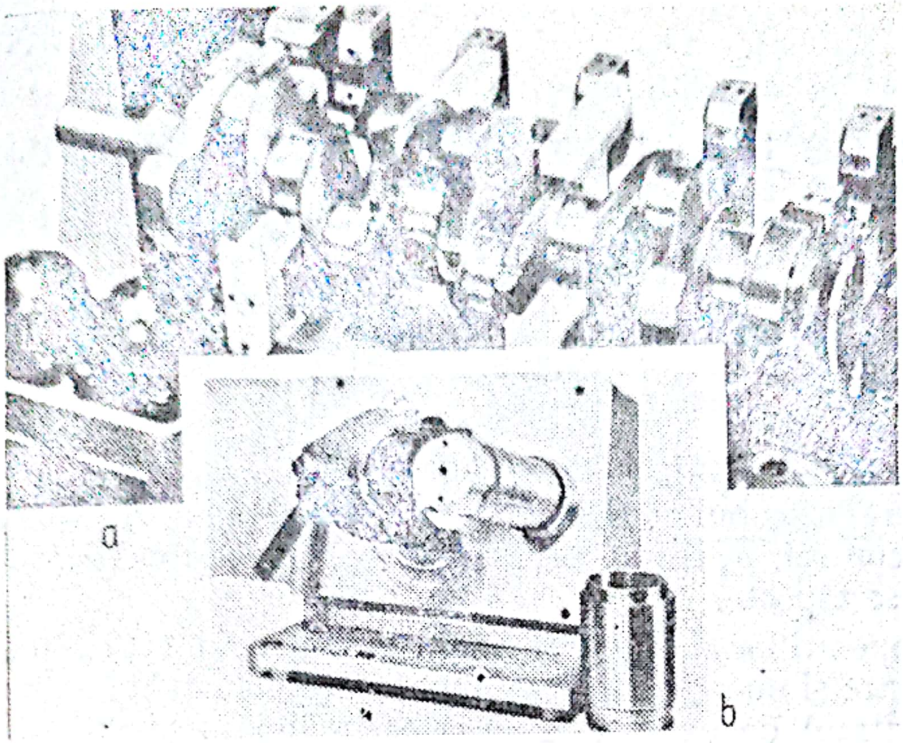


Fig. 12.16. Dispozitive pneumatice pentru controlul: *a* — arborilor cotiți; *b* — cămășilor de pistoane.

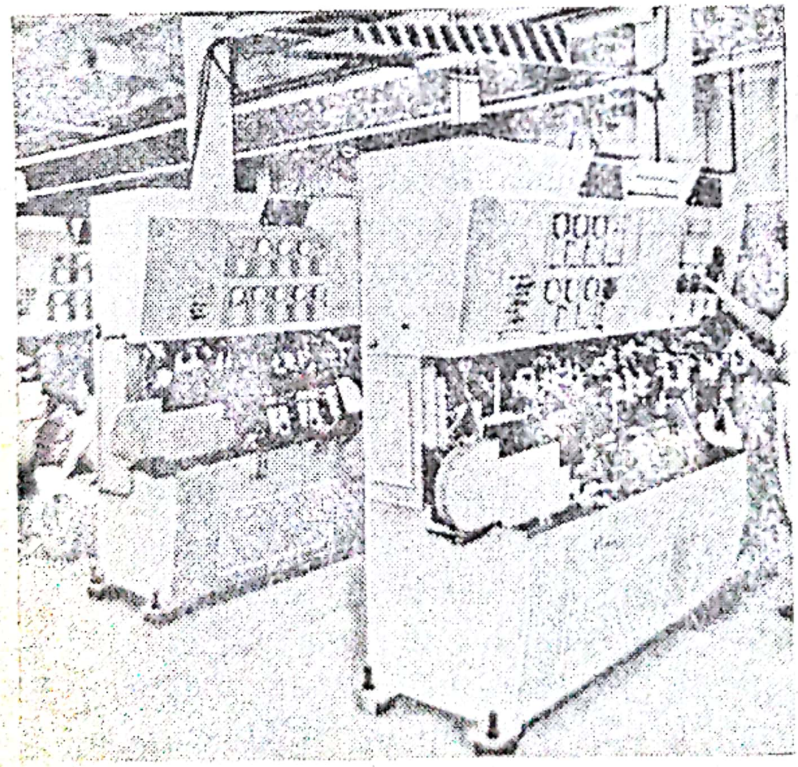


Fig. 12.17. Instalație automată pentru controlul arborilor cotiți.

De asemenea, pentru controlul pieselor utilizate în industria de automobile, se pot utiliza dispozitivele pneumatice de control multidimensional redate în fig. 12.16, *a* și *b* (BENDIX-RFG).

Astfel, în fig. 12.16, *a* este ilustrată vederea parțială a dispozitivului de control al arborilor cotiți, iar în fig. 12.16, *b* se arată construcția dispozitivului pentru controlul cămășilor de pistoane.

Datorită construcției simple, robuste și gradului înalt de universalitate, dispozitivele de control prezentate pot face parte din instalații complexe pentru controlul multidimensional, așa cum este cazul dispozitivului automatizat pentru controlul arborilor cotiți (fig. 12.17).

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 13

Elemente de automatizare a controlului pneumatic

În condițiile actuale de dezvoltare ale tehnicii, cînd procesele de control trebuie să se desfășoare în scopul măririi productivității și reducerii volumului de muncă la control, apare ca necesară problema automatizării controlului sub diverse aspecte.

Automatizarea operațiilor de control apare și mai acut în cadrul producției de serie mare și masă, fiind determinată de: volumul și organizarea producției, ritmul de execuție a pieselor în linia tehnologică, configurația pieselor de controlat și stabilitatea parametrilor controlați ai pieselor.

Realizarea practică a deziderateloor menționate se poate obține pe următoarele căi principale:

— mecanizarea măsurării pieselor, prin folosirea dispozitivelor de control de mare productivitate, care să efectueze controlul rapid pentru un anumit tip de piese, la unul sau mai mulți parametri;

— aplicarea rațională a controlului selectiv, în funcție de stabilitatea parametrilor și de uniformitatea produselor, pe baza analizei statistice a proceselor tehnologice și prin utilizarea metodelor de control statistic operativ:

— automatizarea măsurărilor la mașini-unelte cu ajutorul aparatelor de măsurare, automate, pentru comanda funcționării sau reglării mașinilor-unelte;

— automatizarea sortării pieselor finite, prin utilizarea instalațiilor automate de control și sortare, incluse în liniile tehnologice de prelucrare a pieselor sau la operațiile de control în secția de control tehnic.

Instalațiile automate utilizate pentru controlul preventiv de dirijare a procesului tehnologic de prelucrare folosesc, în funcție de tipul constructiv, sisteme electrice, electronice sau pneumatice.

Pentru realizarea operației de control, aceste sisteme sînt alcătuite din elemente de comandă și elemente logice (tabelul 13.1) [8].

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 13.1

Elemente de comandă și elemente logice ale sistemului pneumatic de măsurare

Date	Sisteme pneumatice					
	Elemente cu piese mobile				Elemente fără piese mobile	
Principiul	Element cu presiune	Releu cu membrană dublă	Element cu bilă	Element cu foiță	Element cu jet liber	Element cu jet de perete
Presiunea, în at	⩽ 10	0,2...2	⩽10	⩽ 0,05	⩽0,5	⩽0,1
Puterea de conectare/volum, în W/cm²	8	7	10	4	0,075	0,100
Amplificator de putere	—	—	—	40	12	100
Timpul de conectare, în ms	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Domeniul de temperatură	—	−30°...+60°C	—	—	—	0...1000°K
Durata de viață (numărul de conectări)	—	$>10^9$	—	—	—	—

Rolul acestor elemente în cadrul schemei bloc de funcționare a aparatului de măsurare (fig. 13.1) constă în sesizarea valorii efective măsurate, transmiterea semnalelor sesizate, prelucrarea și prezentarea valorilor măsurate.

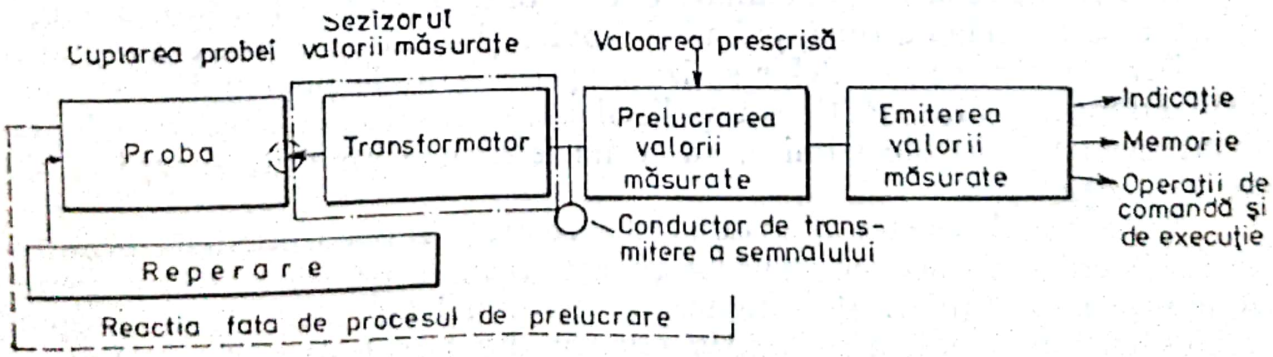


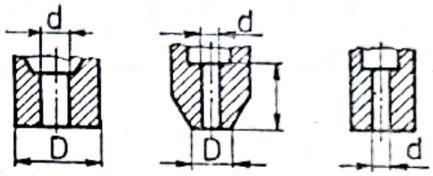
Fig. 13.1. Schema bloc de funcționare a unui aparat pneumatic de măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

În tehnica măsurărilor pneumatice, pentru sesizarea valorilor măsurate se utilizează sesizoare cu contact și fără contact. Dintre sesizoarele fără contact mai des folosite sînt duzele de măsurare simple (tabelul 13.2).

Tabelul 13.2

Tipuri de ajutaje pneumatice de măsură

Date	Sisteme pneumatice
Principiul	
Dimensiunea	$d = (0{,}3 \ldots 10)$ mm; $z \geqslant 2d$
Domeniul de măsurare	$\leqslant \frac{d}{10}$
Forța de măsurare	$(200 \ldots 1\,000) \cdot 10^{-4}$ daN
Frecvența de măsurare	$< 1\,000$ Hz

Acestea au intervalul de măsurare cuprins între 10 și 100 μm, cu frecvențe de măsurare pînă la 5 Hz. Comparativ cu sesizoarele electronice, cele pneumatice sînt superioare sub aspectul erorilor și al eficienței economice la prelucrarea datelor experimentale.

Dintre sesizoarele pneumatice cu contact (tabelul 13.3) o largă utilizare o au cele cu duză-paletă de lovire și duză de captare a aerului.

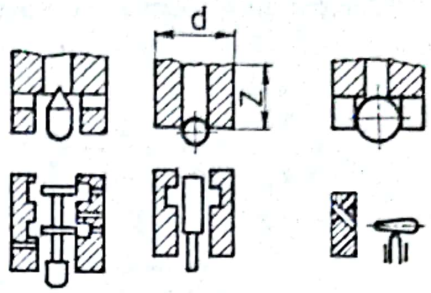
Transmiterea semnalelor sesizate spre aparatele pneumatice se face prin conducte din PVC sau polietilenă, transmiterea fiind mai lentă decît la sistemele electronice, ca urmare a unei anumite inerții a sistemului pneumatic.

La sistemele pneumatice de măsurare prelucrarea semnalelor primite se face conform unei scheme bloc redată în fig. 13.2, ale cărei elemente îndeplinesc și funcții de prelucrare a semnalelor primite, în scopul asigurării unui control preventiv eficient din punct de vedere tehnico-economic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 13.3

Traductoare de ajutaje pneumatice de măsurare

Date	Sisteme pneumatice
Principiul	
Dimensiuni, în mm	$d \geqslant 4$ $z \geqslant 4$
Domeniul de măsurare	1 μm... 100 mm
Masa mobilă, în g	0,03
Forța de măsurare, în daN	$0,1 \cdot 10^{-4}$

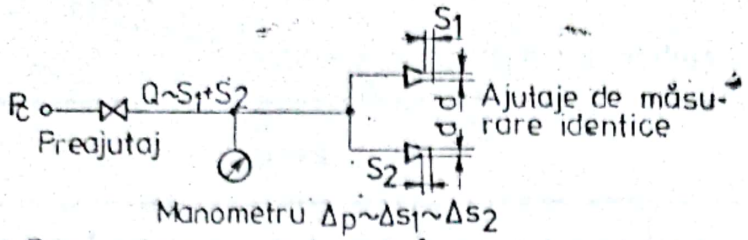
Totodată, aceste elemente pot efectua operații de calcul (adunări și scăderi de valori individuale; calculul mediei și abaterii medii pătratice) și luarea deciziilor logice (depășirea limitelor cîmpului de toleranță; sortarea în clase a valorilor măsurate etc.).

Emiterea și prezentarea semnalelor corespunzătoare valorilor măsurate se face prin indicație analogică, cu ansamblu indicator (cel mai des utilizată).

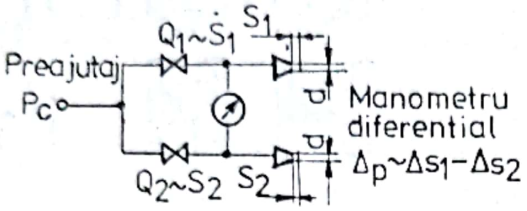
Ca urmare a avantajelor pe care le prezintă privind sesizarea valorilor măsurate, prezentarea valorilor măsurate, fiabilitatea ridicată și costul redus, sistemele pneumatice se impun pe o scară tot mai largă în tehnica măsurării lungimilor și a automatizării acesteia.

În cap. 3, 4, 5, 6 și 8 s-au descris cîteva aplicații ale automatizării controlului pneumatic la verificarea diverșilor parametri dimensionali și de formă geometrică.

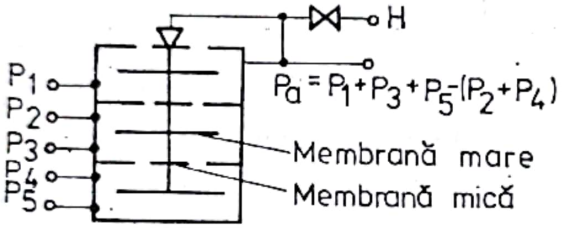
Scanned with OKEN Scanner



1. Prima adunare prin legare în paralel a ajutajelor de măsurare.



2. Scadere prin schema diferențială



3. Element de calcul în construcție eșalonată

Fig. 13.2. Schema bloc de prelucrare a semnalelor în instalațiile pneumatice de măsurare.

Deoarece aceste instalații sînt variate din punct de vedere constructiv și funcțional, vor fi prezentate cîteva aplicații industriale recente ale automatizării controlului pneumatic.

Astfel, în fig. 13.3 este redată o instalație automată pentru sortarea bilelor de rulmenți (firma CENSOR-Lichtenstein).

Bilele de rulmenți se toarnă în pîlnia transportoare *5*, care se termină la un capăt cu o țeavă telescopică de aducție *6* și al cărui capăt superior se deplasează neîntrerupt în sus și în jos. Astfel, bilele se așază unele lîngă altele în țeava de aducție, în același timp împiedicîndu-se blocarea acestora în pîlnie. Din țeava de aducție bilele ajung la mecanismul de închidere *7* care funcționează în ritmul mașinii, eliberînd cîte o bilă atunci cînd mecanismul de împingere *4* extrage o bilă din canalul de evacuare terminal *8*. Pentru o bună funcționare a mecanismului de împingere trebuie ca acest canal de evacuare să fie umplut cu bile aproximativ pe jumătate.

Mecanismul de împingere conduce bila spre dispozitivul pneumatic de măsurare *10*, care se compune din masa *3*, pîrghia de palpare *11* și palpatorul *9*. În funcție de dimensiunea efectivă a diametrului bilei se deschide clapa directoare *2* și bila trece printr-unul din canalele de sortare *12*.

După măsurare, bila cade liber în canalul de sortare și este condusă de clapa directoare spre rezervorul corespunzător toleranței sale. Înainte ca următoarea bilă să ajungă sub palpator, în vederea măsurării canalul de sortare este adus din nou printr-un impuls de întoarcere în poziția

Scanned with OKEN Scanner

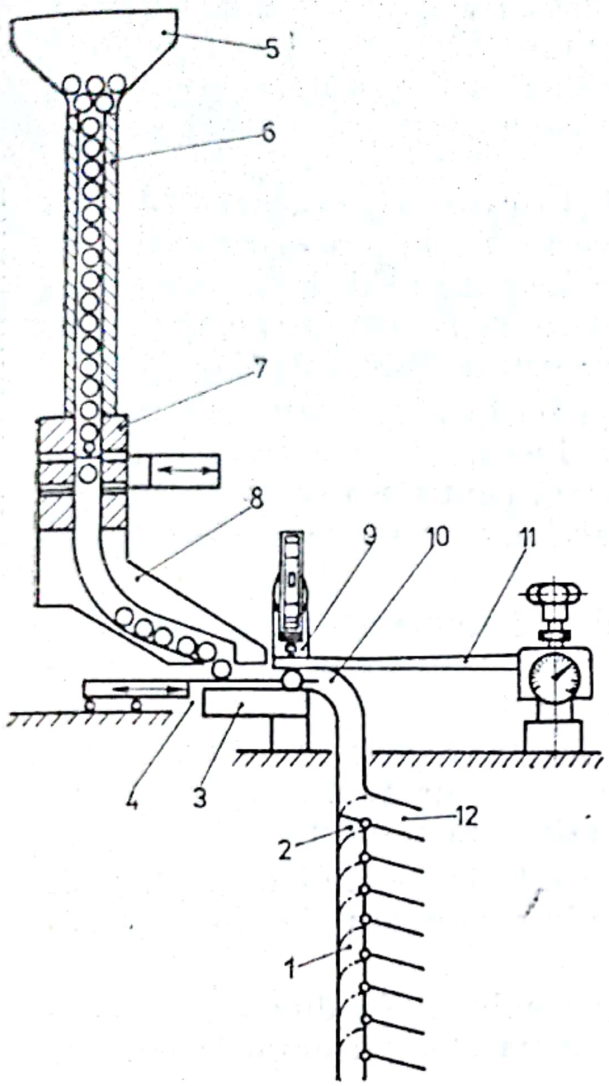


Fig. 13.3. Instalație automată (CENSOR) pentru sortarea bilelor de rulmenți.

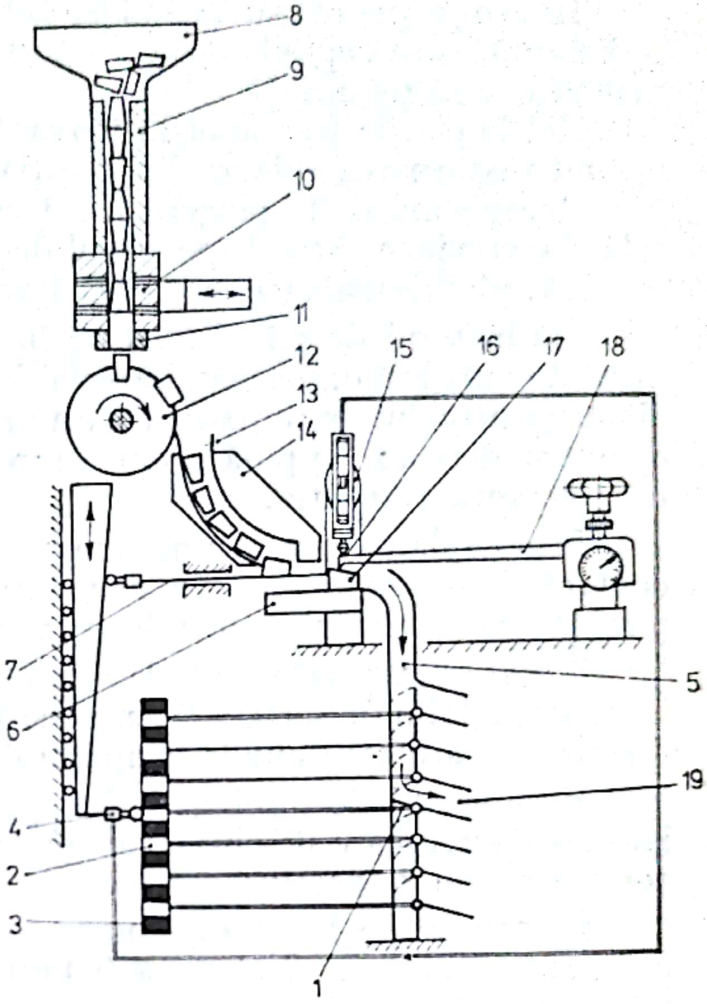


Fig. 13.4. Instalație automată (CENSOR) pentru sortarea rolelor conice de rulmenți.

sa inițială, după care se repetă ciclul de lucru descris anterior. Această instalație poate asigura o capacitate de sortare de 7 500 bile pe oră.

În fig. 13.4 se ilustrează schema de principiu a instalației CENSOR Typ CSC pentru sortarea rolelor conice pentru rulmenți.

Rolele conice se toarnă în pîlnia transportoare *8*, iar de aici acestea trec una după alta, printr-o țeavă telescopică de aducție *9*, a cărei parte superioară se deplasează în sus și în jos printr-un dispozitiv de acționare. Din țeava de aducție rolele ajung la mecanismul de închidere *10*, care la fiecare tact al mașinii dă drumul la o rolă cînd mecanismul de împingere *7*, extrage o piesă din canalul de evacuare *14*.

Scanned with OKEN Scanner

De la mecanismul de închidere *10* rolele ajung în bucșa de legătură *11*, care le conduce în agregatul de orientare *12*.

În acesta piesele sînt conduse între două șaibe rotitoare așezate la o distanță, care depinde de diametrul și conicitatea rolei, astfel ca diametrul mic să fie în față.

Rolele conice trec apoi în țeava *13* și canalul de evacuare *14*, permițînd răsturnarea rolelor din poziția verticală, în cea orizontală.

Mecanismul de împingere *7* extrage din canalul de evacuare cîte o rolă și o conduce către dispozitivul de măsurare *17*, care se compune din masa *6*, pîrghia palpatoare *18* și traductorul de măsurare *15*.

Traductorul de măsurare este în așa fel încît semnalizează în momentul măsurării dimensiunii prestabilite. Fiecare din cele șapte lamele *2* ale dispozitivului de impulsuri *3* este reglată pentru un anumit domeniu de pătrundere a rolei pînă la darea semnalului, corespunzător domeniului de toleranță respectiv.

Prin cuplarea mișcării mecanismului de împingere cu cea a rolei de contact *4*, aceasta atinge în momentul dării semnalului lamela, corespunzătoare domeniului de toleranță prestabilit.

Fiecare dintre cele șapte lamele este legată electric cu o clapă directoare a canalului de sortare *5*. În acest fel se acționează numai acea clapă directoare care corespunde cîmpului de toleranță respectiv.

Mecanismul de împingere *7* împinge rola în canalul de sortare *5*, iar clapa directoare deschisă *1* o conduce în containerul *19* corespunzător toleranței respective.

În prezent o largă răspîndire o au combinațiile dintre aparatele pneumatice cu cele electrice sub forma aparatelor pneumo-electrice de măsurare.

Fig. 13.5 redă schema de funcționare a unui traductor pneumo-electric. Aerul comprimat de la rețea intră prin duza *2* în tubul gofrat *4*, iar prin duza *1* intră în tubul gofrat *7* și mai departe la calibrul tampon pneumatic *13*, introdus în piesa de măsurat *14*.

Reglarea presiunii în tubul *4* se realizează cu ajutorul supapei *3*.

Variația presiunii în tubul *7* este în funcție de mărimea abaterilor dimensionale ale piesei de controlat, ceea ce conduce la deplasarea spre dreapta sau spre stînga a ramei *5* și la rotirea pîrghiei *6*.

În situația că piesa este necorespunzătoare ca dimensiune, pîrghia *6* deschide unul dintre contactele *12*, normal închise, iar cu capătul superior *11* închide unul dintre contactele legate de șuruburile de reglare *8*, care pot delimita limitele cîmpului de toleranță prescris.

Pîrghia *8* este prevăzută la capătul superior cu acul indicator *10*, care se deplasează în fața scării gradate *9*, divizată direct în micrometri.

Scanned with OKEN Scanner

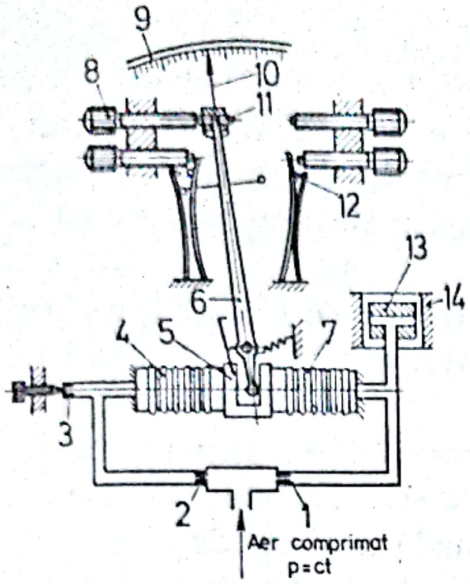


Fig. 13.5. Schema de funcționare a unui traductor pneumo-electric de măsurare.

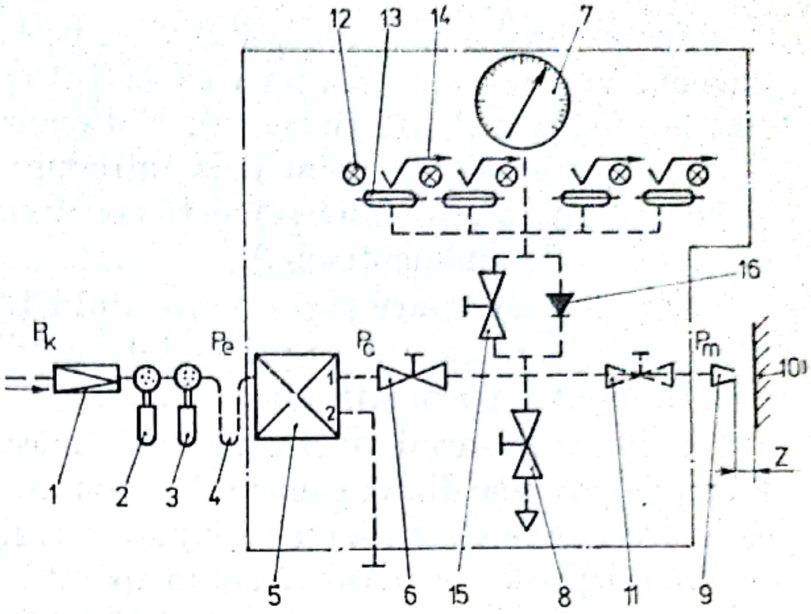


Fig. 13.6. Instalație electro-pneumatică de măsurare pentru controlul activ (Aeropan—Massi)

Pentru punerea la zero a sistemului de măsurare se utilizează dispozitivul de reglare *8*. Rolul duzei auxiliare *11* este ca, atunci cînd este închisă complet, să aducă presiunea în aparatul indicator la valoarea maximă.

Elementele *15* și *16* sînt drosel-ventil, respectiv ventil de limitare a cursei. Capsulele de presiune *13*, montate în paralel și cu aceeași presiune ca la aparatul indicator, transmit valorile măsurate prin intermediul contactelor electrice *14* la circuitul de semnalizare și comandă al aparatului. Închiderea contactului electric este limitată prin aprinderea alternativă a lămpii de semnalizare *12*.

Aparatul electropneumatic Aeropan BIV-S2, utilizat în condiții de lucru corespunzătoare, poate asigura o eroare de măsurare de $\pm$ 1mμ.

În fig. 13.6 este redată schema unei instalații pentru control activ care înglobează un aparat electro-pneumatic BIV-52 (Aeropan-Massi-RDG).

Aerul comprimat care vine de la o sursă cu presiunea p, trece prin reductorul de presiune *1*, separatorul de apă și ulei *2*, filtrul de aer *3*, conducta metalică *4*, regulatorul de presiune *5*, duza *6*, duza auxiliară *11*, duza de măsurare *9* și ajunge la suprafața piesei de măsurat *10*.

Reductorul de presiune *1* reglează presiunea de reglare p_k, necesară regulatorului de presiune, care, la rîndul său, are rolul de menținere a aerului la o presiune preliminară constantă p_c, în vederea respectării fidelității măsurărilor. Variația dimensională a mărimii măsurate duce la variația interstițiului de aer „*z*" și, în final, la modificarea presiunii p_m, a cărei valoare este indicată la aparatul *7* pe un cadran divizat în unități de lungime.

Scanned with OKEN Scanner

În privința realizărilor industriei noastre, în domeniul măsurărilor pneumatice se poate menționa că la Intreprinderea de Mecanică fină București și la ICPMFS București, sînt realizate o gamă largă de aparate electro-pneumatice care sînt deja introduse în tehnologia de fabricație și control la diferite întreprinderi constructoare de mașini (industria de automobile, rulmenți etc.).

Dintre acestea face parte și aparatul ELSUPERJET ES-S2, a cărui funcționare este bazată pe principiul punții Wheatstone cu metodă de zero în montaj pneumatic (fig. 13.7).

Deplasările membranei elastice de măsurare *16*, ca urmare a diferenței de presiune dintre camera de măsurare *14* și cea de compensare *11*, este direct proporțională cu variația dimensională a piesei de controlat. Această deplasare se măsoară cu un aparat indicator de tip comparator *3*.

Comparatorul pneumoelectric ELSUPERJET ES-S2 este prevăzut cu o grupă de contacte electrice de comutație destinate comenzii și

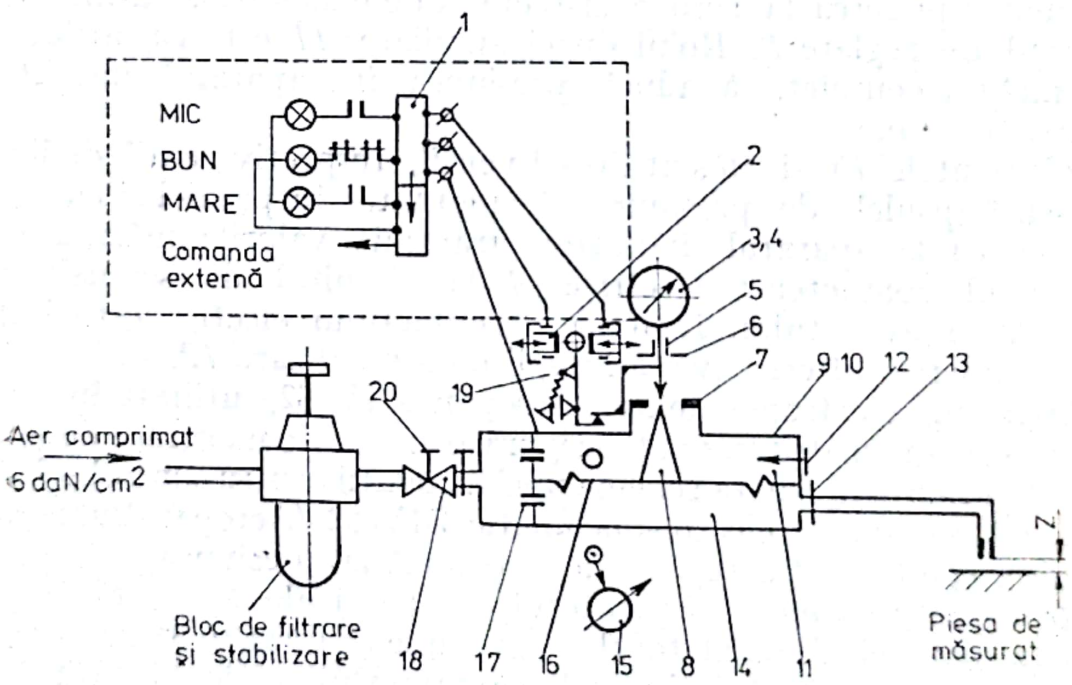


Fig. 13.7. Schema cinematică a comparatorului pneumo-electric de măsurare ELSUPERJET ES-S2:

1 — bloc semnalizare comandă; *2* — butoane reglaj contacte; *3* — comparator; *4* — dispozitiv de blocare; *5* — suportul comparatorului; *6* — rozetă de reglare a poziției zero; *7* — suportul duzei de compensare; *8* — ac supapă de compensare; *9* — corpul aparatului; *10* — carcasă; *11* — cameră de compensare; *12* — dop; *13* — ștuț pentru racordarea capului palpator; *14* — cameră de măsurare; *15* — manometru (reglat la 4,2 daN/cm²); *16* — membrană; *17* — duze de intrare; *18* — ștuț de racordare la stabilizatorul de presiune cu filtru; *19* — bloc contacte electrice; *20* — robinet.

Scanned with OKEN Scanner

semnalizării prin impuls optic a dimensiunilor limită prestabilite ale pieselor. Semnalizările se execută astfel (tabelul 13.4):

Tabelul 13.4

Dimensiunea piesei de măsurat	Contact electric	Culoarea semnalului luminos și semnificația
Între limite	Nu	Verde — Bun
La sau peste limita superioară	Da	Galben — Mare
La sau sub limita inferioară	Da	Roșu — Mic

Principalele părți componente ale comparatorului pneumoelectric ELSUPERJET ES-S2, sînt redate în figura 13.8.

Principalele caracteristici tehnice ale aparatului sînt:

— valoarea unei diviziuni...1 μm (sau 0,5 μm și 0,2 μm);
— domeniul de măsurare pe scara gradată... 80μm (40 μm și 20 μm);
— domeniul de măsurare al scării gradate...±40 μm;
— presiunea aerului de alimentare...4,2...6 daN/cm²;
— tensiunea de alimentare la rețea... 220 V±10%, 50 Hz.

Din punct de vedere al caracteristicilor metrologice, aceste comparatoare se execută în două clase de precizie, cu următoarele valori ale erorilor tolerate (tabelul 13.5);

Tabelul 13.5

Valoarea unei diviziuni um	Eroarea de justețe pentru domeniul de măsurare, în μm		Eroarea tolerată de fidelitate (variația indicațiilor) și de semnalizare, în μm	Eroarea tolerată de inversare, în μm	
	Cl. 1	Cl. 2		Cl. 1	Cl. 2
1	2	3	0,5	1	1,5

Pentru ca funcționarea acestor aparate să fie corespunzătoare trebuie ca temperatura mediului ambiant să fie între limitele de +10...+35°C.

Un alt tip de aparat pneumoelectric este comparatorul cu autoechilibrare ELSUPERJET ES-S4, destinat controlului pasiv pentru abateri de la dimensiunea nominală, abateri de la forma geometrică sau de la poziția reciprocă, sau controlului activ (cu comanda mașinii-unelte), dacă este prevăzut cu organ de măsurare adecvat.

Scanned with OKEN Scanner

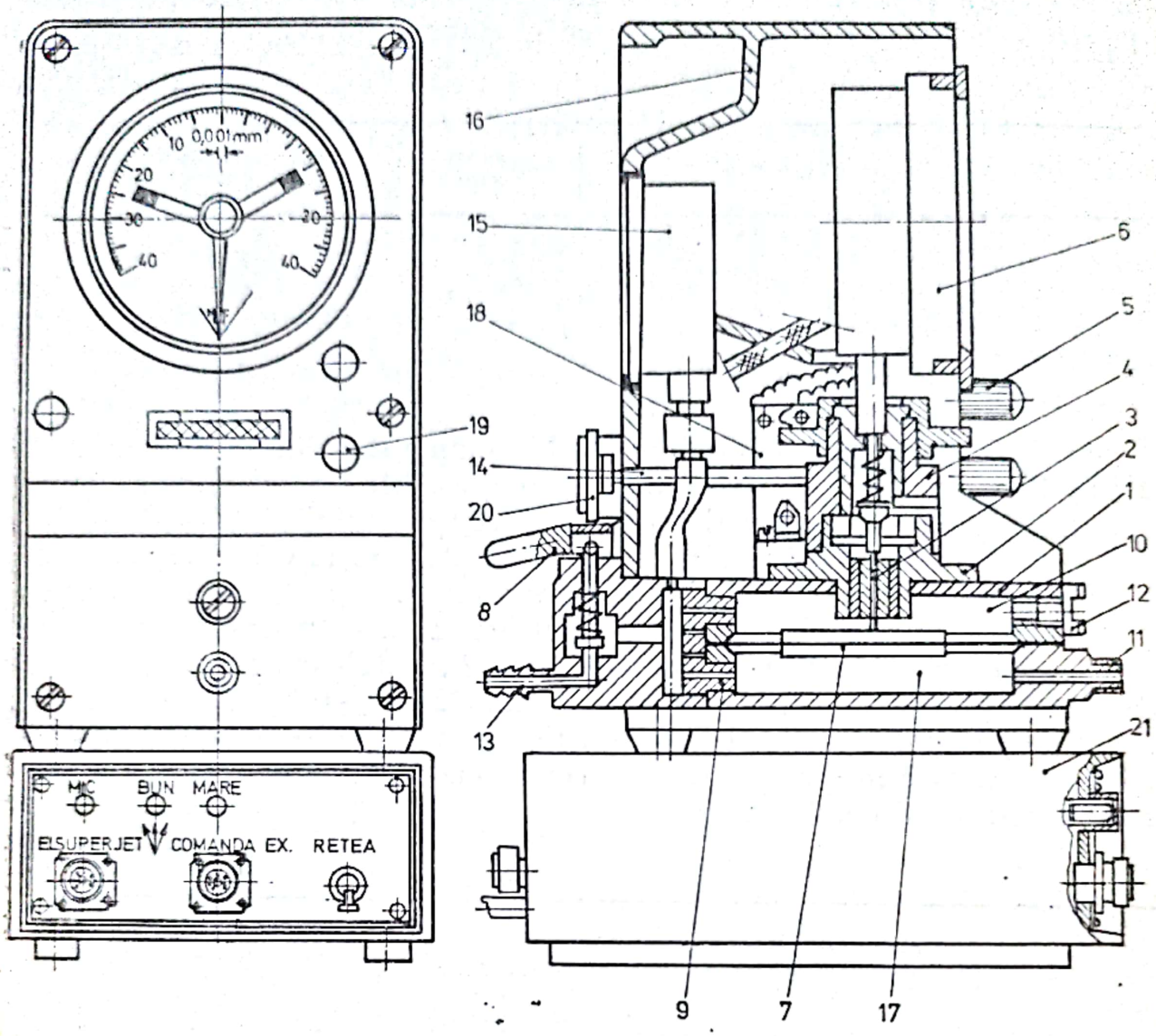


Fig. 13.8. Principalele părți componente ale comparatorului pneumatic de măsurare ELSUPERJET ES-S2:

1 — corpul aparatului; *2* — suportul duzei de compensare; *3* — ac supapă de compensare; *4* — suportul comparatorului; *5* — rozetă de reglare la poziția zero; *6* — comparator; *7* — membrană; *8* — robinet; *9* — duze de intrare; *10* — cameră de compensare; *11* — ștuț pentru racordarea capului palpator; *12* — dop; *13* — ștuț de racordare la stabilizatorul de presiune cu filtru; *14* — dispozitiv de blocare; *15* — manometru (reglat la 4,2 daN/cm²); *16* — carcasă; *17* — cameră de măsurare; *18* — bloc contacte electrice; *19* — butoane reglaj contacte; *20* — mufă multicontact (mamă); *21* — bloc semnalizare comandă; *z* — interstițiu de măsurare.

Aparatul ELSUPERJET ES-S4 poate îndeplini următoarele funcțiuni:

— afișează analogic și semnalizează optic, cu ajutorul unor lămpi de semnalizare de culori diferite, atingerea sau depășirea limitelor dimensionale prestabilite;

— transmite semnale pentru comanda ciclului tehnologic de prelucrare al mașinii-unelte, corespunzător unor limite prestabilite;

Scanned with OKEN Scanner

— realizează clasarea sau sortarea în cinci clase, cu următoarele coduri: MIC-MIC, MIC, BUN, MARE, MARE-MARE, fiind prevăzut în acest scop cu dispozitive corespunzătoare.

Datorită posibilităților largi de utilizare a comparatorului pentru controlul activ cu comanda mașinii-unelte, acesta se execută în următoarele variante constructive:

— Comparatorul pneumoelectric cu autoechilibrare ELSUPERJET ES-S4, fără temporizarea comenzii;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S40 pentru controlul pasiv și controlul activ la mașina de rectificat exterior sau interior al suprafețelor cilindrice continue;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S41 pentru controlul activ la mașina de rectificat exterior sau interior al suprafețelor cilindrice continue sau discontinue;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S42, pentru controlul activ pe mașini de rectificat plan;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S43, pentru contolul activ la mașini de rectificat fără centre;

— Comparatorul pneumoelectric cu autoechilibrare ELSUPERJET ES-S4 cu temporizarea comenzii;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S40 T pentru controlul pasiv și controlul activ la mașini de rectificat exterior sau interior suprafețe cilindrice continue;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S41 T pentru controlul activ la mașini de rectificat exterior sau interior suprafețe cilindrice continue sau discontinue;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S42 T pentru controlul activ la mașini de rectificat plan;

— Comparatorul ELSUPERJET ES-S43 T, pentru controlul activ la mașini de rectificat fără centre.

Printre caracteristicile tehnice ale acestor aparate se pot menționa următoarele:

— valoarea diviziunii: 0,1; 0,2; 0,3; 1; 2; 5; 10 μm;

— domeniul de măsurare pe scara gradată: 8; 16; 40; 80; 160; 400; 800 μm

— erorile de măsurare tolerate:

— eroarea de justețe a indicației și a semnalului transmis:

pentru clasa 1...2 diviziuni;

Scanned with OKEN Scanner

pentru clasa 2...2,5 diviziuni.

— eroarea de fidelitate a indicației: 0,5 diviziuni;

— eroarea de semnalizare și comandă: 0,25 diviziuni;

— eroarea de fidelitate a semnalizării și a comenzii transmise: 0,25 diviziuni;

— eroarea de inversare:

pentru clasa 1...0,8 diviziuni;

pentru clasa 2...1 diviziune

— temperatura de referință: 20°C

— timpul de stabilire a indicației la parcurgerea intervalului de măsurare: maximum 2s;

— intervalul de temporizare: reglabil 0—50 s sau 0—5 min;

— alimentarea: la rețeaua de aer comprimat

— presiunea aerului de alimentare... 5—6 daN/cm²

— stabilitatea aerului de alimentare...±1 daN/cm² la rețeaua electrică

— tensiunea de alimentare 220 V±10%, 50 Hz

Comparatoarele pneumoelectrice simplex sau duplex cu autoechilibrare se compun dintr-un „Comparator pneumatic simplex sau duplex cu autoechilibrare" prevăzut suplimentar cu 1,2,... (rația 1) grupe de contacte electrice de comutație și un bloc de semnalizare comandă, care furnizează curentul și tensiunea la contactele electrice, prelucrează, afișează cu ajutorul unei lămpi de semnalizare starea contactelor electrice și transmite corespunzător numărului de contacte electrice semnale pentru comandă, sortare, memorare etc.

Funcționarea acestor tipuri de comparatoare pneumoelectrice se bazează pe principiul montajului a patru rezistențe pneumatice într-o punte Wheatstone, așa cum este ilustrat în figura 13.9.

Deplasările membranei sensibile *1*, utilizată ca element de comparație, ca urmare a diferenței de presiune dintre camera de măsurare *3* și camera de comparație *2*, se măsoară cu ajutorul comparatorului cu cadran *4*. Diferența de presiune dintre cele două camere este direct proporțională cu variația dimensională a piesei măsurate.

Comparatoarele pneumoelectrice simplex cu autoechilibrare se utilizează cu un traductor sau cu o grupă de traductoare de măsurare cu efect echivalent, racordate la camera de măsurare (un singur canal de măsurare).

Comparatoarele pneumoelectrice duplex cu autoechilibrare se utilizează cu două traductoare de măsurare sau cu două grupe de traductoare de măsurare cu efect echivalent, racordat (e) unul (o grupă) la camera

Scanned with OKEN Scanner

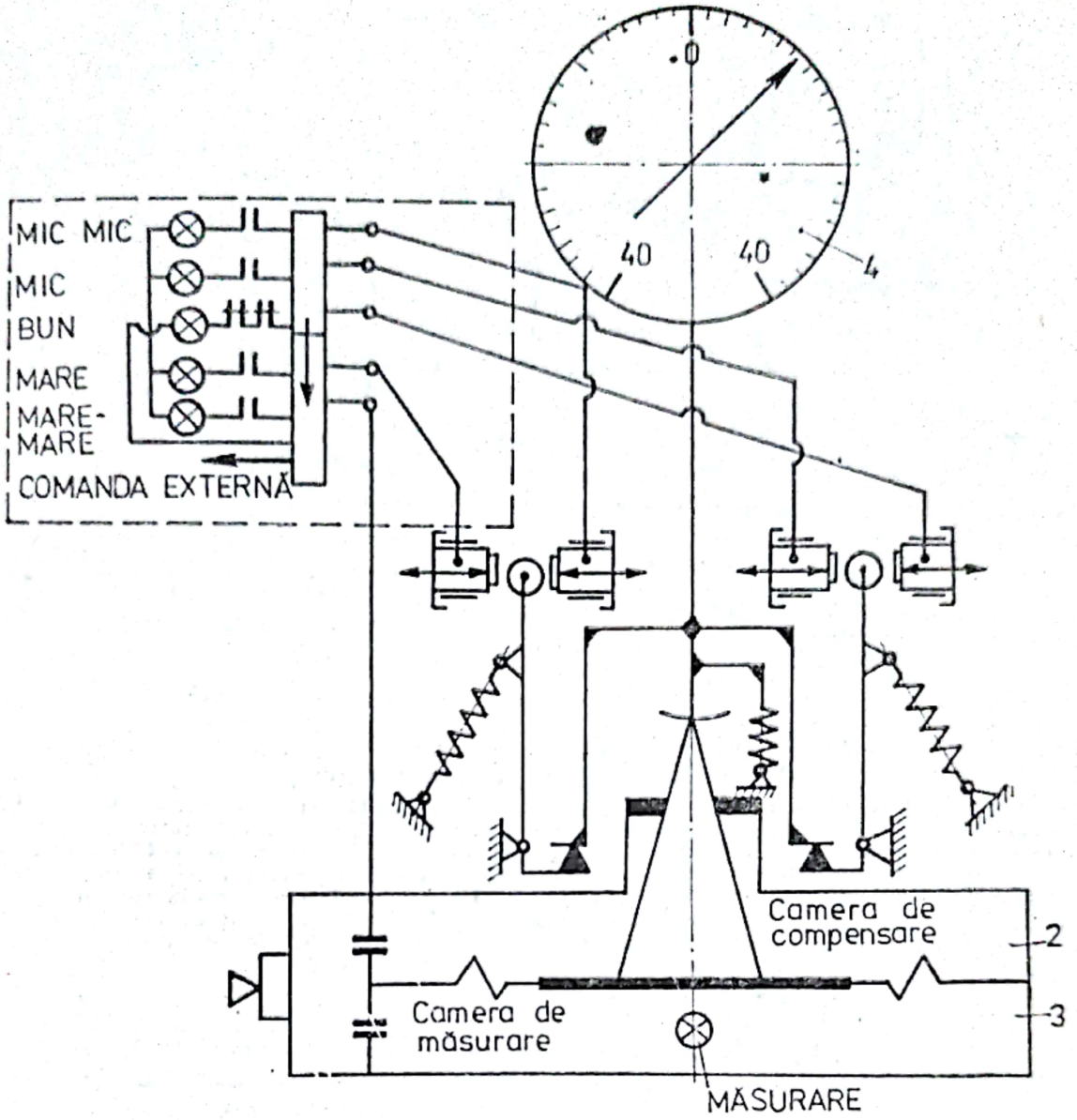


Fig. 13.9. Schema cinematică a comparatorului pneumoelectric de măsurare SUPERJET ES-S4:

1 — membrană; *2* — camera de măsurare: *3* — camera de compensare: *4* — comparator.

de măsurare (canalul *A* de măsurare) respectiv unul (o grupă) la camera de comparație (canalul *B* de măsurare), conform fig. 13.10.

În afara aparatelor pneumoelectrice descrise mai înainte, din fabricația Întreprinderii de Mecanică fină București face parte și completul pneumoelectric de control activ pentru mașinile de rectificat fără centre tip CARFC-PE, a cărei componență este indicată în fig. 13.11.

Comparatoarele pneumoelectrice ELSUPERJET din dotarea acestui complet sînt prevăzute cu unul (ELSUPERJET ES-S23, ES-23 T) sau două (ELSUPERJET ES-S43, ES-S43 T) sisteme de contacte electrice de comutație destinate obținerii semnalelor de comandă și semnalizări

Scanned with OKEN Scanner

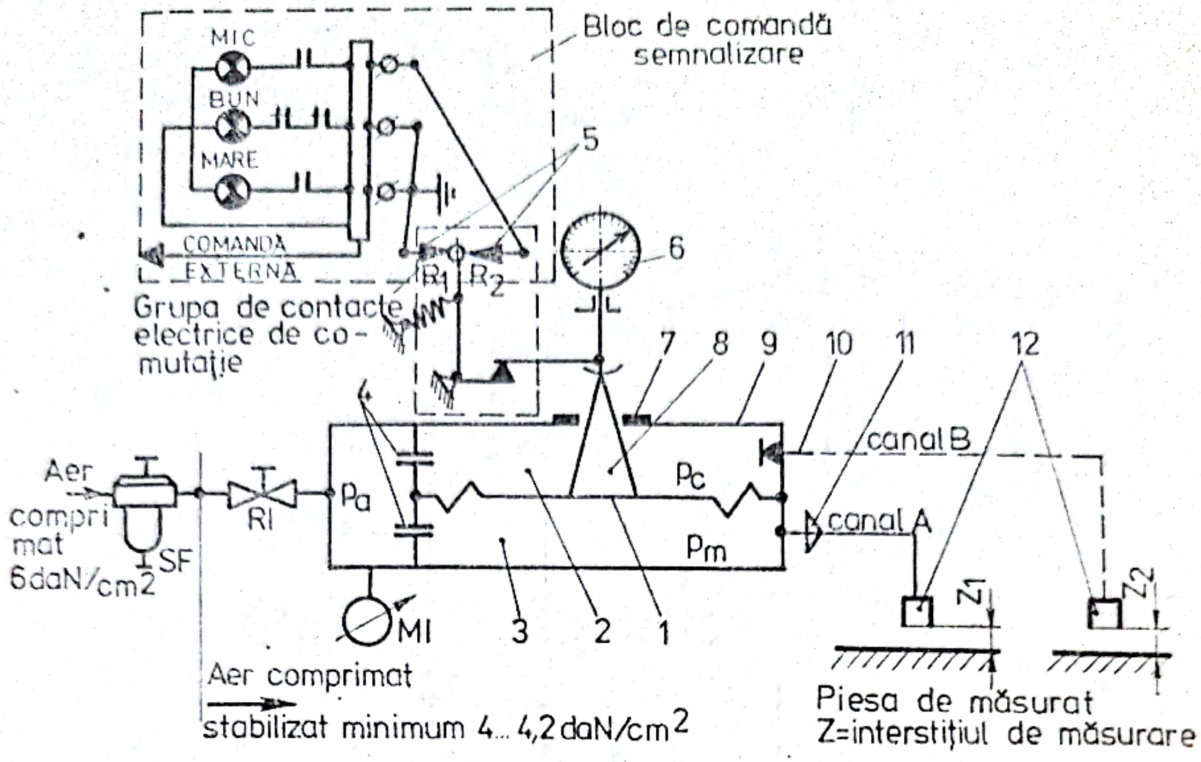


Fig. 13.10. Schema de principiu a comparatoarelor pneumatice simplex și duplex de măsurare cu autoechilibrare:

1 — membrană sensibilă cu centrul rigidizat (element de comparație); *2* — cameră pneumatică de echilibrare (comparație); *3* — cameră pneumatică de măsurare; *4* — duze de intrare; *5* — contacte electrice reglabile (R_1, R_2); *6* — comparator cu cadran; *7* — duză de autoechilibrare; *8* — cui de autoechilibrare; *9* — corpul aparatului; *10* — racord variantă duplex; *11* — racord variantă simplex; *12* — duză de măsurare; *12'* — duză de măsurare (*12* și *12'*) — numai la variantele duplex); *SF* — stabilizator cu filtru, construcție monobloc; *RI* — robinet de centrare; *MI* — manometru pentru reglarea presiunii de alimentare; p_m — presiunea în camera de măsurare; p_c — presiunea în camera de autoechilibrare; z — interstițiu de măsurare.

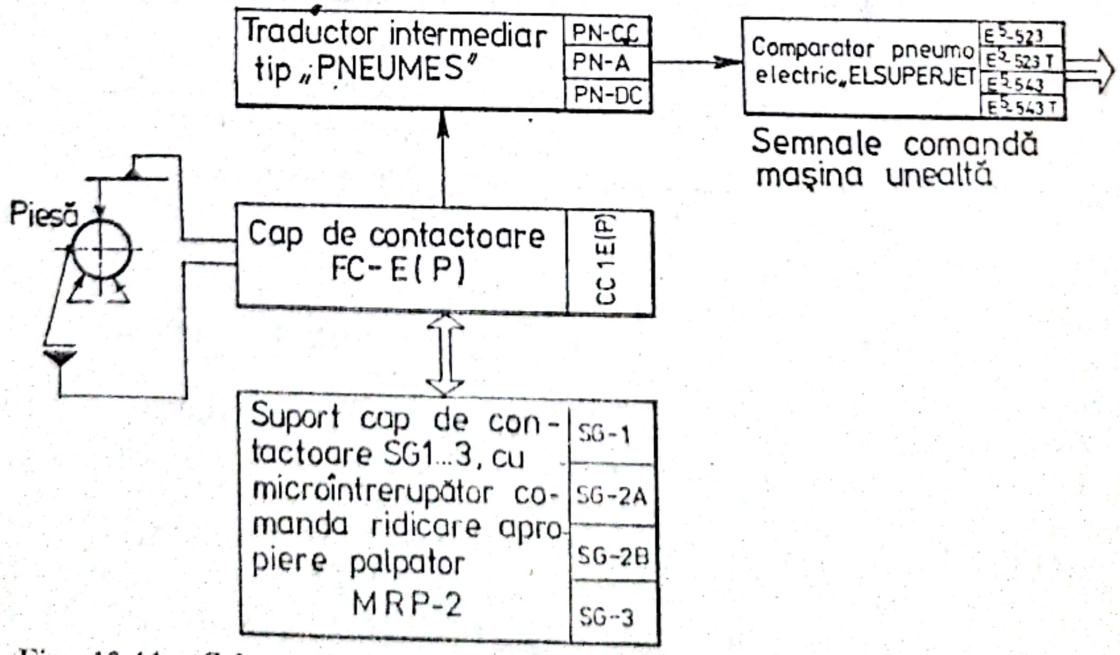


Fig. 13.11. Schema bloc a completului pneumoelectric de control activ pentru mașini de rectificat fără centre, tip CARFC-PE.

Scanned with OKEN Scanner

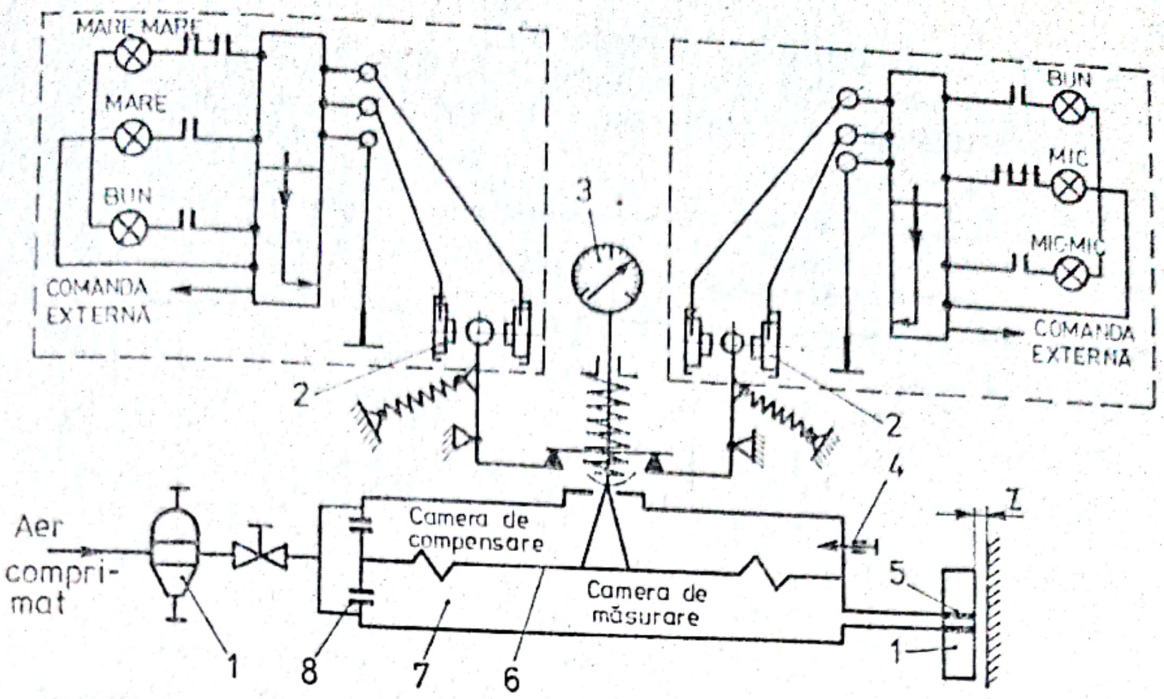


Fig. 13.12. Schema de măsurare și părțile componente ale comparatoarelor pneumoelectrice de măsurare cu autoechilibrare ELSUPERJET ES-S2...4:
1 — stabilizator cu filtru SF-6; *2* — grupă de două contacte de comutație; *3* — comparator cu cadran; *4* — duză adițională de echilobrare SUPLIMES 1 — B1; *5* — duză de măsurare; *6* — membrană de măsurare; *7* — cap sculă pentu ELSUPERJET; *8* — duze de intrare; *9* — interstițiul de aer la măsurare; *A* — cap de măsurare.

luminoase a înscrierii sau depășirii intervalului dimensional de prelucrare, reglat în concordanță cu faza de lucru (fig. 13.12).

Semnalizarea limitelor dimensionale și transmiterea semnalelor limită pentru comanda mașinii-unelte se face după cum urmează:

— în codul de comandă al mașinii-unelte;

— în codul MARE, BUN, MIC pentru două semnale limită de comandă, respectiv MARE-MARE, MARE, BUN, MIC, MIC-MIC pentru patru semnale de comandă.

Semnalizarea atingerii limitelor dimensionale și comenzile corespunzătoare date în exterior se fac conform următoarelor două tabele:

a) Pentru varianta cu două semnale limită de comandă (tabelul 13.6.)

În acest caz componența dimensională este următoarea:

„MARE": la sau peste limita dimensională superioară;

Tabelul 13.6

Semnul	Culoarea semnalului luminos	Semnificația	Contact electric	Semnal de comandă
▽▽	Galben	MARE	DA	DA
▽▽▽	Verde	BUN	NU	NU
△	Roșu	MIC	DA	DA

Scanned with OKEN Scanner

„BUN": între limitele dimensionale;
„MIC": la sau sub limita dimensională inferioară.

b) Pentru varianta cu patru semnale limită de comandă (tabelul 13.7).

Tabelul 13.7

Semnul	Culoarea semnalului luminos	Semnificația	Contactul electric	Semnal de comandă
▽	Violet	MARE-MARE	DA	NU
▽▽	Alb	MARE	NU	DA/NU
▽▽▽	Verde	BUN	DA	DA/NU
▽▽▽▽	Galben	MIC	NU	DA/NU
△	Roșu	MIC—MIC	DA	DA/DA

Pentru această variantă componența dimensională este următoarea:
„MARE-MARE": peste limita dimensională superioară;
„MARE": la sau puțin sub limita dimensională superioară;
„BUN": între limitele dimensionale;
„MIC": între limitele dimensionale către limita inferioară;
„MIC-MIC": la sau puțin sub limita dimensională inferioară.

Comparatoarele pneumoelectrice ELSUPERJET în variantele ES-S23 T și ES-S43 T sînt prevăzute, în afara circuitelor de amplificare pneumatică a semnalului transmis prin duza de măsurare și a circuitelor de comandă semnalizare, cu un circuit de comandă și de temporizare a contactării piesei.

Pentru obținerea în condiții optime a performanțelor, comparatorul pneumoelectric trebuie racordat la rețeaua de aer comprimat uzinală după una din schemele reprezentate în fig. 13.13 și 13.14.

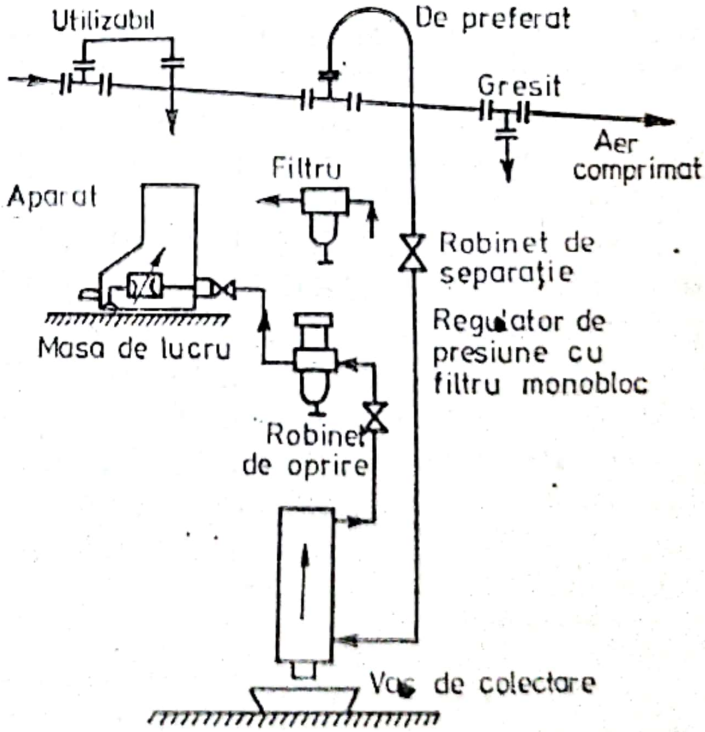


Fig. 13.13. Racordarea la rețeaua de aer comprimat a aparatelor de măsurare ELSUPERJET prin partea superioară a conductei de alimentare.

Scanned with OKEN Scanner

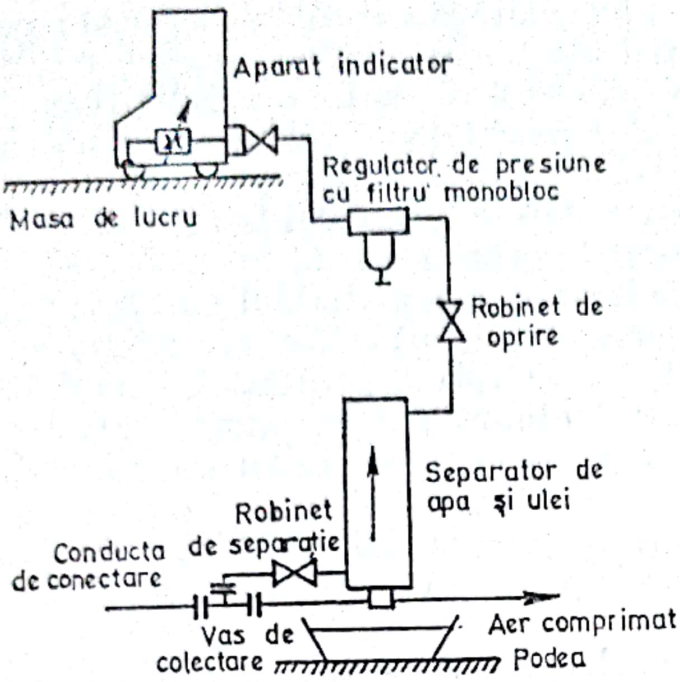


Fig. 13.14. Racordarea la rețeaua de aer comprimat a aparatelor de măsurare ELSUPERJET prin intermediul unui sistem de filtrare.

Comparatoarele ELSUPERJET execuție standard (destinate controlului în cadrul atelierelor prelucrătoare) pot fi legate și direct la rețeaua de aer comprimat, însă numai prin intermediul unui sistem de filtrare (fig. 13.14).

În cazul comparatoarelor ELSUPERJET execuție de „înaltă sensibilitate" (destinate controlului în laboratoare termostate și izolate fonic), racordarea la rețeaua uzinală de aer comprimat prin intermediul unui sistem de filtrare, nu este indicată.

Regulatorul de presiune cu filtru monobloc sau filtru propriu-zis trebuie așezat în poziție verticală în apropierea aparatului în așa fel încît robinetul de curățire al acestuia să fie ușor accesibil.

La conductele de alimentare cu aer, încărcate cu apă și ulei, este obligatorie montarea în amontele blocului regulator-filtru, sau a filtrului, a unui separator de apă și ulei.

În toate cazurile de instalare a comparatoarelor ELSUPERJET este obligatoriu cu racordarea acestora să se facă din partea superioară a conductei de alimentare cu aer comprimat (fig. 13.13).

Comparatoarele ELSUPERJET de înaltă sensibilitate se racordează la rețeaua de aer comprimat uzinală la fel ca și celelalte construcții, prezența unui stabilizator-filtru monobloc și, în amontele acestuia, a unui filtru, devenind absolut necesară.

Pentru punerea în funcțiune a comparatoarelor pneumoelectrice ELSUPERJET este necesară respectarea ordinii următoarelor operații:

— se racordează instalația uzinală de aer comprimat la regulatorul de presiune cu filtru monobloc sau la filtru, avîndu-se grijă să se monteze în amontele acestora un robinet de oprire;

— se deschide robinetul de oprire al instalației de racordare și robinetul supapei de curățire a regulatorului cu filtru sau al filtrului și, timp de cîteva minute, se lasă să treacă aerul și prin racordul de ieșire al regulatorului monobloc (la deschiderea maximă a supapei) sau filtrului; se închide robinetul de oprire al aerului;

Scanned with OKEN Scanner

— se racordează furtunul de alimentare la racordul de ieșire al regulatorului cu filtru monobloc sau al filtrului și se asigură cu o clemă de strîngere, după care se deschide robinetul de oprire a aerului timp de cîteva secunde, pentru curățirea de impurități, se închide robinetul de oprire al aerului.

— se racordează cealaltă extremitate a furtunului la racordul robinetului distribuitor al comparatorului pneumoelectric;

— se racordeată la știftul de ieșire al comparatorului pneumoeletric dispozitivul de racordare al traductorului de măsurare prin intermediul furtunului, după care, pentru curățirea acestuia de eventualele impurități, se deschide robinetul de oprire a aerului timp de cîteva secunde. Se închide robinetul de oprire a aerului, după care se montează capul de măsurare la racordul corespunzător :

— înainte de a începe măsurarea propriu-zisă este bine să se lase să treacă prin întreg ansamblul aer la presiunea de 4,5...5 daN/cm², timp de maximum 1,5 minute.

Reglarea și comanda comparatoarelor pneumoelectrice ELSUPERJET se realizează prin manevrarea butoanelor și elementelor indicate în fig. 13.15.

Componența capului de contactare CC—1, care face parte din completul de control activ pneumoelectric, tip CARFC-PE, pentru mașini-unelte de rectificat fără centre, se compune din următoarele elemente:

— placă suport susținută pe două arcuri lamelare;

— un cuțit (la partea inferioară) și o clapetă (la partea superioară) solidară cu placa suport;

— o tijă, a cărei deplasare orizontală produce translația verticală, pe sistem de arcuri lamelare, a plăcii suport;

— un electromagnet, a cărui bobină, la trecerea curentului electric, produce o forță care atrage un plonjor solidar cu tija; cursa plonjorului este reglabilă prin șurub;

— un arc, care la încetarea trecerii curentului electric prin bobină readuce plonjorul solidar cu tija;

— un amortizor fluid de vaselină densă pentru amortizarea oscilațiilor palpatorului datorate căderii acestuia pe suprafața piesei de măsurat;

— două arcuri lamelare și un șurub, constituind împreună sistemul de producere și de reglare a forței de contactare.

Cuțitul este executat din carbură metalică P 40.

Clapeta este reglabilă pe verticală și pe ea calcă vîrful tijei palpatoare a traductorului de măsurare. În cazul cînd capul de măsurare utilizat este chiar duza de măsurare, pe această clapetă se sparge jetul pneumatic la măsurare.

Scanned with OKEN Scanner

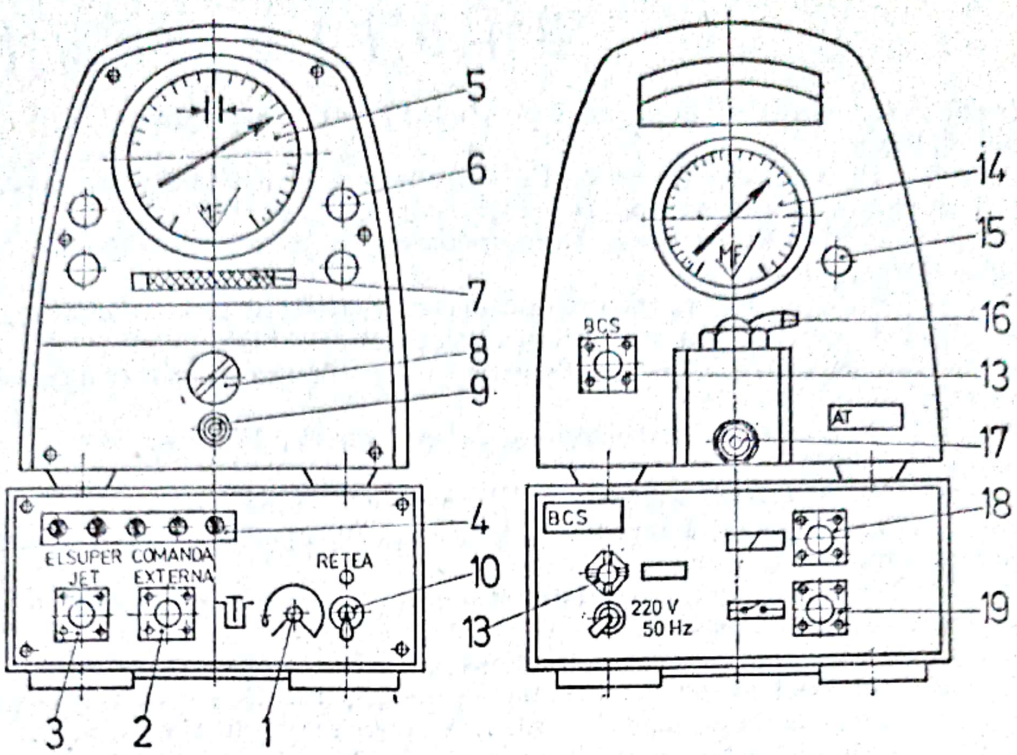


Fig. 13.15. Elementele de reglaj și comandă ale comparatoarelor pneumoelectrice de măsurare cu autoechilibrare ELSUPERJET ES-S2...4:

1 — comparator cu cadran divizat corespunzător intervalului de măsurare; *2* — becuri de semnalizare; *3* — butoane pentru reglajul contactelor; *4* — buton reglaj temporizare; *5* — șurub de închidere(înainte de punerea în funcțiune în locul acestuia se poate monta duza de echilibrare pneumatică SUPLIMES 1B; *6* — rozetă pentru reglarea mecanică a punctului de zero; *7* — buton de blocare a rozetei după reglarea mecanică la punctul zero; *8* — siguranță fuzibilă; *9* — manometru pentru controlul presiunii de alimentare; *10* — mufa *1* pentru racordarea aparatului indicator la blocul de comandă semnalizare; *11* — mufa *2* pentru racordarea aparatului indicator la blocul de comandă semnalizare; *12* — racord de ieșire cu piuliță pentru racordarea capului de măsurare; *13* — mufă pentru racordarea contactelor montate pe prisma suportului de ghidare; *14* — mufă pentru racordarea electromagnetului capului de contactare; *15* — mufă comandă externă; *16* — ștuț pentru racordarea la stabilizatorul de presiune; *17* — robinet distribuitor alimentare; *18* — întrerupător alimentare rețea electrică; *19* — cordon electric de alimentare pentru racordarea la rețea electrică (220 V, 50 Hz).

Pentru controlul cu completul CARFC-PE se folosesc următoarele tipuri de traductoare de măsurare: PNEUMES—DC; PNEUMES—CC; PNEUMES—A și duza de măsurare a aparatului.

Traductoarele de măsurare enumerate mai înainte realizează funcția de transformare în semnale pneumatice proporționale cu variația dimensională a piesei de controlat și transmiterea acestor semnale la aparatul de măsurare, prin intermediul capului de contactare CC 1.

Traductoarele de măsurare tip PNEUMES lucrează prin contact direct, iar duza de măsurare a aparatului lucrează fără contact.

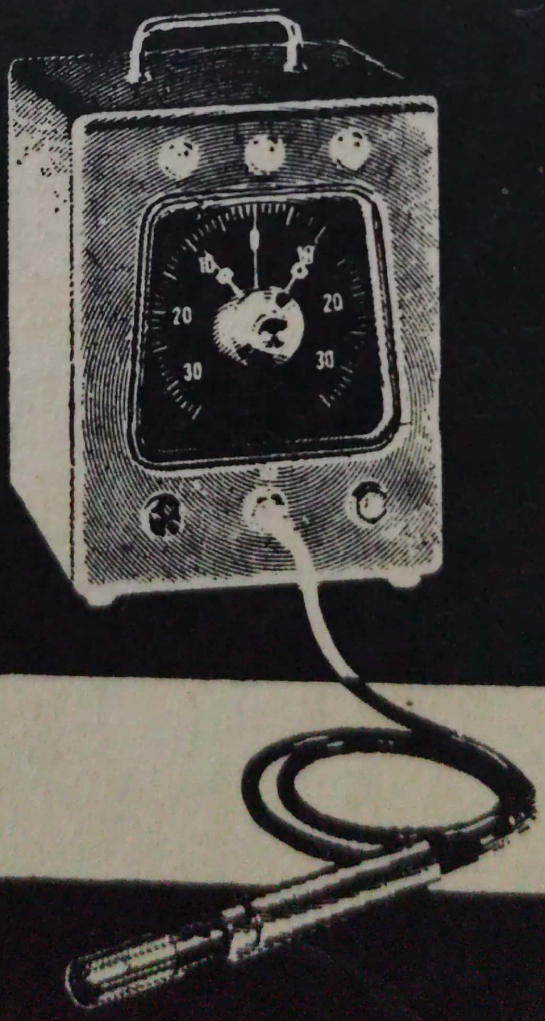
Scanned with OKEN Scanner

Bibliografie

1. *Boltzendahl, H.* Zur Ordnung pneumatischer Längenmeßverfahren. In: Feingeräte-technik 5, 1967.
2. *Bovsunovski, Ia. I.* și *Svecinikov I. V.* Mecanizarea și automatizarea operațiilor de control în construcția de mașini București, Ed. Tehnică, 1963.
3. *Fateev, S. G.* Erorile de măsurare a dimensiunilor cu dispozitive automate. In Izmeri-telnaia tehnica, nr. 8, 1964.
4. *Floricã, S.* Metode și aparate pentru măsurarea rugozității pieselor uzinate, prezente în literatura de brevete. În: Invenții și inovații, nr. 9, 1966.
5. *Grigorev, I. A.* și *Dvoreţki E. R.* Controlul dimensiunilor în construcția de mașini. București, Ed. Tehnică, 1961.
6. *Hume K. J.* Engineering Metrology ed. III-a, London, Ed. Mac Donald Tehnical & Scientific, 1970.
7. *Joss, Jan.* Messen grosser Langen, V.E.B. Verlag Technik, 1969.
8. *Lotze, W.* Pneumatische Langenmeßtehnik im Blickpunkt der Automatisierung. În: Feingeratetechnik 8, 1967.
9. *Maizel, M. L.* Controlul automat al dimensiunilor pieselor (traducere din limba rusă). București, Editura tehnică, 1962.
10. *Militaru, C. și Dumitraș, C.* Contribuții la problema fiabilității metrologice a mijloacelor de măsurare și control din construcția de mașini. În: Broșura „Tehnologii noi de fabricație în construcția de mașini", vol. I, Universitatea din Galați, noiembrie 1975.
11. *Ped, E. I.* Activnii kontrol v mașinostroenii, Moskva, Mașinostroenie, 1971.
12. * * * Pneumatic Fine-Limit Measuring Instruments and Data. Transmitters VEB MASSINDUSTRIE WERDAU. R.D.G., 1966.
13. *Revista* „German Export" din anii: 1962, 1967. 1968, 1969, 1970, 1971.
14. *Schultz, H.* Die Pneumatik in der Langenmeßtechnik, München, Carl Hauser Verlag, 1967.
15. *Sturzu, A* și *Militaru C.* Cercetări privind studiul preciziei de măsurare și a fiabilității metrologice a traductoarelor pneumatice. În: Broșura sesiunii de comunicări științifice „Fiabilitatea în construcția de mașini", I. P. Iași, 1975.
16. *Sturzu, A.* Controlul filetelor, București, Ed. tehnică, 1968.
17. *Stănescu, I. Tache, V.* Dispozitive pentru mașini-unelte, București, Editura tehnică, 1969.
18. *Sturzu, A.* Contribuții cu privire la controlul poziției reciproce a axelor alezajelor în construcția de mașini. Teză de doctorat, Institutul Politehnic București, 1974.
19. *Sturzu, A.* Metodă și dispozitive pentru materializarea axelor alezajelor. Invenție nr. 51 415/10.VI.1967.
20. *Sturzu, A.* Dispozitiv de control autocentrant cu acționare mecano-hidraulică. Invenție nr. 54 470/22 XII. 1969.
21. *Sturzu, A.* Metode și dispozitive pentru controlul coaxialității alezajelor. Invenție 54 nr. 54 610/15 XII. 1971.
22. *Sturzu A., Bădescu Gh., Militaru, C.* și *Brăgaru, A.* Îndrumător practic uzinal și de laborator pentru controlul preciziei de prelucrare în construcția de mașini. București, Editura tehnică, 1976.
23. *Sturzu, A.* Bazele cercetării și proiectării dispozitivelor de control a preciziei de formă și de poziție a suprafețelor. București, Editura tehnică, 1977.
24. *Sturzu, A., Dumitraș, C., Bădescu Gh.* și *Militaru C.* Mașini unelte și control dimensional vol. II, Rotaprint I.P.B., 1976.
25. * * * Tehnica măsurării. Caiet selectiv nr. 1 și 10, ian. și oct., 1961.
26. *Wiemer, A.* Pneumatische Langenmeßtechnik, Berlin, Verlag Technik, 1970.
27. Zill. Messen und Lehren in Machinenbau und der Feingerätetechnik, V.E.B. Verlag Tehnik, Berlin, 1972.
28. *Zsombathy, E.* Das Kontaktlose Messen bewegten Werketuke bei der spanabhenden Bearbeitung. În: Feingerätetechnik, 10, 1961.
29. * * * Prospecte ale diverselor firme, norme și instrucțiuni IMF-CIMUMS.

Scanned with OKEN Scanner

EDITURA TEHNICĂ



Lei 9

Scanned with OKEN Scanner